ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JANVIER 1939.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 20 janvier 1939, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **EMMANUEL DE MARGERIE** pour occuper dans la Section de Minéralogie la place vacante par le décès de M. *L. de Launay*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président M. **EMMANUEL DE MARGERIE** prend place parmi ses Confrères.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès de M. **LOUIS FABRY**, Correspondant pour la Section d'Astronomie, survenu le 26 janvier 1939, aux Lecques (Var).

BOTANIQUE ET AGRONOMIE COLONIALE. — *L'avenir de la culture cotonnière dans nos possessions et l'organisation des recherches scientifiques sur cette culture.* Note de M. **AUGUSTE CHEVALIER.**

Actuellement la France importe chaque année 300 000 t. de coton-fibre, d'une valeur, au cours actuel des changes, d'environ 3 milliards de francs. Le travail de ce coton fait vivre 250 000 ouvriers.

Nos colonies devraient nous fournir une bonne part du coton-fibre que nous importons. Il n'en est rien, et la faute n'en incombe pas aux Colonies,

mais à la Métropole qui n'a pas su jusqu'à ce jour organiser la production d'une matière première indispensable à l'industrie nationale. Ce que nous avons réalisé est insignifiant par rapport aux résultats obtenus dans l'Empire britannique, au Brésil, en Russie, au Pérou, en Argentine, au Japon et même en Chine et au Congo belge. Quant à la production aux États-Unis, les Américains l'ont réduite volontairement pour des causes que nous n'avons pas à examiner ici.

Nos Colonies, malgré plus de 30 années d'essais, ne produisent encore que 13634 t. de coton par an, moins de 5 pour 100 de nos besoins. Cette production se répartit ainsi : 3916 t. en A. O. F. (dont 585 t. pour le Soudan français), 7938 t. pour l'A. E. F. (Oubangui-Chari) et 1800 t. pour le Togo.

Notre production coloniale en coton s'est accrue en 11 années de 3400 t. Si ce rythme continue, et il en sera ainsi si nos méthodes ne se modifient pas, la production de l'ensemble de nos colonies atteindra à peine 20000 t. en 1950. La France est restée très en arrière des autres pays dans la culture du Cotonnier, bien que cette culture soit possible dans presque toutes ses possessions. Si elle n'a pas jusqu'à ce jour réussi, c'est que nous n'avons pas su mettre en application les méthodes scientifiques qui ont donné de si magnifiques résultats dans d'autres pays.

Lorsqu'en 1900-1903 l'attention des industriels français fut attirée, par les officiers et les membres de la mission du Général Ed. de Trentinian dont nous avions fait partie, sur la possibilité de produire dans tout le Soudan français un coton utilisable, on crut qu'il suffisait, pour développer cette culture jusqu'à la satisfaction de nos besoins, de distribuer des graines aux indigènes, graines achetées en Amérique ou en Égypte, donnant des produits semblables à ceux qu'utilisent nos filateurs, les faire cultiver par les Noirs, installer des usines d'égrenage sur les lieux de production, expédier le coton en France, et chaque année se réapprovisionner de graines sélectionnées en Amérique. Solution des plus simplistes.

Ayant séjourné dès cette époque 15 mois au Soudan et au Sénégal pour en étudier les possibilités de culture du Cotonnier, nous avons montré en 1901 [1] et 1904 [2] que le problème était complexe et que le programme de la culture à entreprendre devait s'appuyer sur des données scientifiques rigoureuses. On devait, disions-nous, rechercher pour chaque zone climatique une race productrice, bien adaptée et donnant un produit commercial. « Cette race étant obtenue à la suite de recherches, on devra la cultiver dans des champs d'expérience, de manière à bien la fixer et la

---

(1) *Bull. Soc. Acclim.*, **48**, 1901, p. 445.

(2) *Comptes rendus*, **139**, 1904, p. 79.

multiplier pour obtenir assez de graines afin de répandre la culture chez les Noirs après destruction des anciennes sortes indigènes. La sélection devra être continuée dans des champs d'essais dirigés par des Européens sous le contrôle d'un établissement scientifique chargé de rechercher des races nouvelles meilleures et de prévenir la dégénérescence. » Nous ajoutions que la culture du Cotonnier étant une culture pauvre, il fallait indemniser le paysan indigène tant que cette culture ne serait pas au point et qu'il fallait au plus tôt améliorer la technique culturale, choisir les terrains convenables, déterminer les assolements, organiser la lutte contre les maladies.

Notre appel ne fut pas entendu, aussi nous publiâmes en 1925 une Note sur *La nécessité d'une organisation scientifique pour résoudre le problème cotonnier colonial* (*Revue scientifique*, 1925, n°s 3, 4 et 5, p. 75-84, 107-112, 142-149).

La distribution aux indigènes de graines de coton importées chaque année d'Amérique et d'Égypte n'ayant pas donné de résultats appréciables au Soudan français, quelques personnes avaient suggéré en 1912 que l'avenir du Cotonnier était dans l'organisation de la culture irriguée dans la vallée du Niger. Cette culture, écrivait Dybowski en 1917, ne peut être pratiquée utilement et fructueusement au Niger que par l'irrigation (*C. R. Acad. Agric. France*, 1917, p. 154). Cependant un ingénieur éminent, M. J. Barois, familiarisé avec l'irrigation en Égypte, conseillait la prudence : « Les grands travaux d'hydraulique agricole demandent une très longue étude ». Il recommandait un programme préalable de recherches portant sur la culture intensive du Cotonnier, sur les ressources en eau, sur les sols. En 1920 on se mit à l'œuvre pour les travaux d'études, et dès 1921 diverses personnalités formulaient déjà les conclusions les plus optimistes.

Depuis cette date plusieurs centaines de millions ont été dépensés sur le Niger pour des travaux qui relèvent de l'art de l'ingénieur, mais aucun des nombreux problèmes concernant la culture du Cotonnier n'a encore reçu de solution. On a mis la charrue avant les bœufs. Le cercle de Ségou, où sont installées toutes les fermes qui ont précédé l'organisation de l'Office du Niger et les premiers casiers d'irrigation, produit aujourd'hui 200 t. de coton, dont à peine 50 t. en culture irriguée. En 1943 cette production sera de moins de 1000 t. La production du coton colonial en culture sèche dans la zone que nous avons nommée le *Cotton belt africain* donnera, avec beaucoup moins d'efforts, environ 15000 t., et beaucoup plus si l'on sait prendre au plus tôt les décisions nécessaires, mais il est grand temps d'agir. Il faut nous organiser, en nous inspirant de ce qui a été fait dans les pays étrangers.

Dans deux Notes précédentes, nous avons montré la complexité des problèmes biologiques relatifs à cette culture. Il faut, pour chaque zone climatique, sélectionner une ou deux variétés donnant à la fois de bons rendements, une fibre de qualité; enfin il importe de cultiver une plante aussi précoce que possible, résistante aux maladies cryptogamiques et aux insectes nuisibles; or cette résistance s'obtient par sélection; comme de nouvelles maladies ou de nouveaux insectes font souvent leur apparition, le chercheur doit trouver de nouvelles lignées résistantes. S. C. Harland estime qu'il faut cinq à six années de travaux avec d'assez nombreux collaborateurs pour substituer dans un pays une race méritante à une autre qui s'est dépréciée comme qualité ou qui est moins résistante aux maladies. Certaines affections nécessitent une surveillance constante dans les champs, par exemple la rouille bactérienne si redoutable en Afrique et qui oblige à la recherche constante de races immunes; la maladie dénommée *shedding*, caractérisée par la chute des boutons floraux et des capsules avant maturité, maladie tantôt d'ordre physiologique, tantôt d'ordre pathologique, est également héréditaire et nécessite la recherche de variétés immunes. Enfin il arrive souvent qu'une variété satisfaisante, bien sélectionnée, cesse d'être immune, et devient impure au bout de quelques années par suite des mélanges de graines dans les usines d'égrenage ou dans les champs des indigènes; il faut l'épurer de nouveau. Il en résulte qu'il n'y a jamais de stabilité dans la distribution des variétés de coton et que les stations doivent continuer leurs travaux sans arrêt.

Toutes les recherches relatives à la sélection, aux maladies, à la pédologie, aux problèmes agronomiques, tels que les assolements, les fumures, l'époque des semis, demandent un personnel nombreux de biologistes et d'aides techniques. La Grande-Bretagne a dépensé depuis 30 ans plus d'un milliard de francs en recherches appliquées à l'étude et à l'amélioration du Cotonnier dans son Empire.

Le *Sherley Institute*, créé par l'*Empire Cotton Corporation* à Manchester, est très largement doté; tous les trois ans il organise une conférence sur les problèmes botaniques et agronomiques concernant la culture du Cotonnier dans l'Empire. Il existe de puissantes organisations pour l'étude du Cotonnier dans l'Inde, à Trinidad, en Égypte, au Soudan anglo-égyptien. Dans ce dernier pays l'Institut de Wad-Médani, sur le Nil Bleu, dispose d'un budget annuel de 45 millions de francs pour les recherches sur la culture irriguée du Cotonnier, sur ses maladies et sur sa sélection. Ces travaux sont du reste largement payants : l'Angleterre trouve aujourd'hui dans son Empire presque tout le coton dont elle a besoin; ses possessions d'Afrique lui fournissent en culture sèche près de 100000 t. de coton par an et elles n'en n'exportaient pas il y a 35 ans; le Soudan anglo-égyptien produit déjà dans la Gésirah environ 40000 t. de coton égyptien en irrigation. Dans l'Inde, depuis 30 ans, la culture a doublé, et l'indigène est

en possession de meilleures variétés plus rémunératrices. L'effort scientifique accompli dans la Russie d'Asie depuis 20 ans pour l'extension de la culture du Cotonnier est également gigantesque.

Mais de tous les pays, c'est certainement le Brésil qui a fait les plus rapides progrès. La culture du Cotonnier était stagnante et très peu développée en 1928 lorsque commença la crise du café. La production brésilienne en coton a été en 1938 de 430000 t.; l'État de Sao-Paulo à lui seul a exporté 200000 t. Ce résultat est dû, non seulement aux sols très favorables, mais aussi aux travaux de sélection poursuivis à la Station de Campinas par R. Cruz Martins et C. Harland. Sans pouvoir espérer des progrès pareils dans nos possessions d'Afrique, où il existe à peine 6 à 8 millions d'habitants dans la zone du Coton belt (culture sèche), on pourrait tabler sur une production de quelques dizaines de milliers de tonnes dans peu d'années si l'on consent à réaliser au plus tôt l'organisation scientifique nécessaire.

M. **M. Caullery** fait hommage à l'Académie de son livre sur *Les Progrès récents de l'Embryologie expérimentale* (1), où il a essayé d'exposer synthétiquement l'ensemble des recherches les plus importantes faites, au cours des dernières décades, en ce domaine qui constitue présentement une des branches les plus vivantes de la Biologie et les plus fécondes pour la compréhension générale des organismes.

ÉLECTIONS.

M. **Norris Russell** est élu Correspondant pour la Section d'Astronomie en remplacement de M. *E. W. Brown* décédé.

---

(1) Paris (*Bibliothèque de Philosophie scientifique*), 236 p., 395 fig.

CORRESPONDANCE.

Le **Recteur de l'Université de Pavie** invite l'Académie à se faire représenter à la cérémonie qui aura lieu en cette ville au mois d'avril 1939-XVII, pendant la semaine après Pâques, en mémoire de Lazzaro Spallanzani.

M. **Paul Carton** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. **Justin Jolly** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section des Académiciens libres.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un problème de M. Marcinkiewicz.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Borel.

Désignons par $X(t)$ la fonction aléatoire, liée au mouvement brownien, dont l'accroissement pendant le temps τ est une variable gaussienne d'écart type $\sqrt{\tau}$; par $TM(T)$ la mesure de l'ensemble des t pour lesquels $0 < t < T$, $X(t) > 0$; par $F(a, T, x)$ et $G(a, b, T, x)$ les fonctions de répartition des lois dont dépend $M(T)$ si l'on connaît, soit $X(0) = a$, soit $X(0) = a$ et $X(T) = b$. Il s'agit de déterminer ces fonctions (¹).

1. Désignons par S_n le gain après n coups d'une partie de pile ou face; par N_1, N_2, ... les valeurs de n pour lesquelles $S_n = 0$. N_p est la somme

---

(¹) On remarque que

$$G(a, b, T, x) = G(b, a, T, x) = 1 - G(-a, -b, T, 1-x) = \varphi(a/\sqrt{T}, b/\sqrt{T}, x).$$

De même $F(a, T, x) = 1 - F(-a, T, 1-x) = \varphi_0(a/\sqrt{T}, x)$.

de p termes qui dépendent de la même loi que N_1. De

$$\Pr\{N_1 > x\} \sim \sqrt{\frac{2}{\pi x}} \qquad (x \to \infty), \tag{1}$$

et de propriétés connues des lois stables ([2]), on déduit

$$\lim_{p \to \infty} \Pr\{N_p < p^2 x\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x u^{-\frac{3}{2}} e^{-\frac{1}{2u}} du \qquad (x > 0). \tag{2}$$

2. Soient Y et Y′ deux variables aléatoires dépendant de la loi (2), indépendantes l'une de l'autre. Posons $Y = (Y + Y')Z$, $Z = \sin^2\Phi$ $(0 \leqq \Phi \leqq \pi/2)$. Pour Z, la densité de probabilité est $g(z) = 1/\pi\sqrt{z(1-z)}$ $(0 < z < 1)$; cela revient à dire que, pour Φ, la répartition est uniforme.

3. Un entier n étant donné, définissons p par $N_p \leqq n < N_{p+1}$; posons $N_p = n \sin^2\Theta_n$; désignons par $N_p \sin^2\Phi_p$ le nombre des ν inférieurs à N_p pour lesquels S_ν a un signe donné. Suivant le signe de S_n on peut représenter par $V_n = \sin^2\Phi_p \sin^2\Theta_n$, soit la proportion des nombres positifs, soit celle des nombres négatifs, parmi les n premières sommes S_ν. On déduit d'ailleurs aisément des résultats précédents que la loi dont dépend V_n tend vers celle dont dépend $V = \sin^2\Phi \sin^2\Theta$, Θ et Φ étant choisis indépendamment l'un de l'autre entre zéro et $\pi/2$ (avec répartition uniforme de la probabilité). Il vient ainsi

$$\frac{d}{dv} \Pr\{V < v\} = g_1(v) = \frac{1}{\pi\sqrt{v}} \int_v^1 \frac{du}{\sqrt{u(1-u)(u-v)}} \qquad (0 < v < 1), \tag{3}$$

$$\mathfrak{M}\{V^\alpha\} = [\mathfrak{M}(\sin^{2\alpha}\Phi)]^2 = \frac{1}{\pi}\left[\frac{\Gamma\left(\alpha + \frac{1}{2}\right)}{\Gamma(\alpha+1)}\right] \qquad \left(\alpha + \frac{1}{2} > 0\right). \tag{4}$$

La proportion des nombres positifs parmi les n premiers S_ν dépend alors d'une loi qui, pour n infini, tend vers celle définie par la densité

$$f(v) = \frac{1}{2}[g_1(v) + g_1(1-v)]. \tag{5}$$

4. La loi dont dépend la fonction $X(t)$, si $X(0) = 0$, est la limite, pour

---

([2]) Cf. P. Lévy, *Variables aléatoires*, p. 203, et n° 2 de notre Note du 27 décembre 1938. Le résultat de cette Note sera complété par le n° 5 de la présente Note.

$\tau = 0$, de celle dont dépend la suite des nombres $S_n\sqrt{\tau}$, si l'on suppose le $n^{\text{ième}}$ coup joué à l'instant $t = n\tau$. On déduit alors des résultats qui précèdent que $F(0, T, x) = F(0, x)$ est la primitive de $f(x)$, et que

$$\pi G(0, 0, T, x) = 2 \operatorname{Arcsin}\sqrt{x}.$$

5. Considérons, dans l'intervalle $(0, T)$, les intervalles séparés par les racines de $X(t)$; soit $L(l, T)$ la longueur de l'ensemble de ceux dont la longueur n'atteint pas l; si l tend vers zéro, $L\sqrt{\pi/2l}$ tend presque sûrement vers une limite $y(T)$. On peut considérer T comme une fonction de y. La fonction aléatoire ainsi définie est la fonction à accroissements indépendants pour laquelle $\Delta t/(\Delta y)^2$ dépend de la loi stable (2) [3].

6. Soit $h(u) = 1/\sqrt{2\pi u^3 e^{1/u}}$ la densité de probabilité de cette loi; $h(t/a^2)dt/a^2$ est la probabilité que, si $X(0) = a$, la première racine T_1 de $X(t)$ appartienne à l'intervalle dt. On en déduit, pour $a > 0$, $0 < x < 1$,

$$(6) \qquad F(a, T, x) = 1 - F(-a, T, 1-x) = \int_0^{Tx} h\left(\frac{t}{a^2}\right) F\left(0, \frac{Tx-t}{T-t}\right) \frac{dt}{a^2}.$$

On remarque que $F(a, T, 1-0) = \Pr\{T_1 < T\} < 1$. De même, pour $a > 0$, $ab < 0$

$$(7) \quad G(a, b, T, x) = 1 - G(-a, -b, T, 1-x) = \mathfrak{M}_t\left\{ G\left(0, b, T-t, \frac{Tx-t}{T-t}\right)\right\} \quad [4].$$

$\mathfrak{M}_t$ désignant une moyenne pondérée, calculée en attribuant à chaque intervalle dt intérieur à $(0, T)$ le poids

$$(8) \qquad \frac{1}{\sqrt{T-t}} e^{-\frac{b^2}{2(T-t)}} h\left(\frac{t}{a^2}\right) dt.$$

Si $ab > 0$, il faut multiplier le dernier membre de (7) par $e^{-\frac{2ab}{T}}$, qui est la probabilité, dans l'hypothèse $X(0) = a$, $X(T) = b$, que $X(t)$ s'annule entre 0 et T. Cette formule (7) permet de passer de $G(0, 0, T, x)$, qui est connu, à $G(a, 0, T, x) = G(0, a, T, x)$, puis à $G(a, b, T, x)$.

---

(3) Cette conclusion subsiste si $y(T)$ représente le maximum de $X(t)$ dans l'intervalle $(0, T)$.

(4) Dans les formules (7) et (10), il est entendu que $G(a, b, T, x)$ représente zéro si $x < 0$ et un si $x > 1$. Il faut bien distinguer, pour x, les valeurs $1-0$ et $1+0$ (et $0-0$ et $0+0$).

7. Indiquons enfin les formules

$$(9)\qquad F(a, T, x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi T}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(b-a)^2}{2T}} G(a, b, T, x)\, db,$$

$$(10)\qquad G(a, c, T, x) = \mathfrak{M}_b \left\{ \int_{0-\varepsilon}^{1+\varepsilon} G\left(b, c, T-t, \frac{Tx-ty}{T-t}\right) d_y G(a, b, t, y) \right\},$$

t étant fixe entre zéro et T, $\varepsilon > 0$, et $\mathfrak{M}_b$ désignant une moyenne pondérée pour laquelle le poids de chaque intervalle db est

$$(11)\qquad e^{-\frac{(b-a)^2}{2t} - \frac{(c-b)^2}{2(T-t)}}\, db.$$

GÉOMÉTRIE ET TOPOLOGIE. — *Sur la variété des génératrices planes d'une quadrique réelle et sur la topologie du groupe orthogonal à n variables.* Note de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit P_{2n+1} l'espace projectif à $2n+1$ dimensions dans lequel nous considérons la quadrique Q_{2n} d'équation

$$x_0^2 + x_1^2 + \ldots + x_n^2 - y_0^2 - y_1^2 - \ldots - y_n^2 = 0.$$

Soit P_{n+p+1} le sous-espace projectif défini par les équations

$$y_{p+1} = y_{p+2} = \ldots = y_n = 0.$$

Soit Q_{n+p} l'intersection de Q_{2n} par P_{n+p+1} ; Q_{n+p} sera défini par l'équation

$$x_0^2 + x_1^2 + \ldots + x_n^2 - y_0^2 - y_1^2 - \ldots - y_p^2 = 0.$$

En particulier Q_n sera une quadrique homéomorphe à une sphère Q_n

$$x_0^2 + x_1^2 + \ldots + x_n^2 - y_0^2 = 0.$$

Soit l_0 un point de Q_n et l_1 une tangente orientée passant par l_0. Appelons O_i le point de P_{2n+1} dont toutes les coordonnées sont nulles sauf y_i. Le plan (O_1, l_1) coupe Q_{n+1} suivant deux génératrices g_1 et g'_1 passant par l_0. Soit g_1 la génératrice qui pénètre dans l'angle déterminé par la droite orientée l_1 et par la droite $g_0 O_1$ orientée d'une façon déterminée. Nous avons ainsi une correspondance biunivoque et continue entre l'ensemble (l_0, l_1) et la génératrice g_1. Donc

La variété des éléments linéaires orientés de la sphère Q_n est homéomorphe à la variété des génératrices g_1 de Q_{n+1}.

Soit l_2 un élément plan orienté tangent à Q_n et contenant l_1. L'ensemble (l_0, l_1, l_2) sera appelé un élément de direction composé. On définit de même un é ément de direction composé $(l_0, l_1, l_2, \ldots, l_p)$, où l_i est un élément plan orienté à i dimensions tangent à Q_n et contenant les éléments l_j pour $j < i$. Par projection centrale de centre O_1, on fait correspondre à l_2 un élément plan orienté l'_2 contenant g_1 et tangent à Q_{n+1}, c'est-à-dire contenu dans la variété polaire de g'_1 par rapport à Q_{n+1}. Par projection centrale de centre O_2 on fait correspondre à l'_2 deux génératrices g_2 et g'_2 à deux dimensions de Q_{n+2}. Comme précédemment, une règle simple permet de choisir d'une façon déterminée l'une de ces deux génératrices, soit g_2, de sorte qu'on aura une correspondance biunivoque et continue entre l'élément de direction composé (l_0, l_1, l_2) et la génératrice g_2. Par récurrence on démontre alors facilement le théorème suivant :

La variété $V_{n+1,p+1}$ des éléments de direction composés $(l_0, l_1, \ldots, l_p)$ de la sphère Q_n est homéomorphe à la variété des génératrices g_p à p dimensions de la quadrique Q_{n+p}.

Soit $\sigma_{n+1,p+1}$ la figure formée de $p+1$ vecteurs orthogonaux deux à deux d'origine o dans l'espace euclidien à $n+1$ dimensions. $V_{n+1,n+1}$ est également homéomorphe à la variété formée par l'ensemble des éléments $\sigma_{n+1,p+1}$. Cette variété a été étudiée au point de vue topologique par M. E. Stiefel [1], et joue un rôle fondamental dans la théorie des p-champs de directions sur une variété différentiable. En particulier $V_{n+1,p+1}$ est la variété du groupe orthogonal à $n+1$ variables.

La variété du groupe orthogonal réel à $n+1$ variables est homéomorphe à la variété des génératrices g_n de la quadrique Q_{2n}.

La variété des génératrices g_n se compose bien de deux variétés connexes comme la variété du groupe orthogonal. La propriété précédente devient évidente si l'on remarque que la variété plane définie par

$$x_0 = x_1 = \ldots = x_n = 0$$

ne rencontre aucune des génératrices g_n. Par suite les équations de g_n peuvent toujours se mettre sous la forme

$$y_i = \Sigma a_{ik} x_k \qquad (i, k = 0, 1, \ldots, n),$$

et, vérifiant identiquement l'équation de Q_{2n}, définissent bien une transformation orthogonale. *La variété du groupe orthogonal connexe n'est autre que la variété des semi-spineurs simples de composantes homogènes réelles* ξ_0,

(1) *Commentarii Math. Helv.*, 8, IV, 1935-36, p. 305-353.

$\xi_{i_1 i_2}, \ldots, \xi_{i_1 i_2 \ldots i_{2k}}$, où $2k \leq n+1$. M. E. Cartan ([2]) a montré que c'est une variété algébrique de l'espace projectif de dimension $2^n - 1$ définie par un certain nombre d'équations quadratiques. En particulier la variété du groupe orthogonal connexe à quatre variables est représentée par la quadrique Q_6 elle-même, ce qui montre que la variété simplement connexe qui recouvre deux fois Q_6 est le produit topologique de deux sphères à trois dimensions.

On connaît le polynome de Poincaré de la variété $V_{n+1,n+1}$ du groupe orthogonal connexe à $n+1$ variables ([3]). Dans ma Thèse ([4]) j'ai étudié d'une façon élémentaire la topologie de la variété des génératrices g_n de Q_{2n}, c'est-à-dire la topologie de $\overline{V}_{n+1,n+1}$. Les résultats obtenus alors peuvent s'énoncer maintenant de la façon suivante : Considérons dans l'espace euclidien E_{n+1} $n+1$ axes de coordonnées d'origine O et soit E_i la variété plane déterminée par les i premiers axes de coordonnées. Considérons des entiers $a_1, a_2, \ldots, a_k$ tels que $0 < a_1 < a_2 < \ldots < a_k < n+1$ et soit $[0, a_1, a_2, \ldots, a_k]$ l'ensemble des variétés planes à k dimensions passant par O et admettant avec E_{a_i} une intersection à i dimensions au moins. Soit $\left[[0, a_1, a_2, \ldots, a_k]\right]$ l'ensemble des rotations autour du point O telles que leurs points fixes forment au moins une variété plane à k dimensions appartenant à l'ensemble $[0, a_1, a_2, \ldots, a_k]$.

Les variétés $\left[[0, a_1, a_2, \ldots, a_k]\right]$ *découpent la variété* $\overline{V}_{n+1,n+1}$ *en cellules et forment les cycles de base pour l'homologie modulo 2. Il y a un certain nombre de coefficients de torsion qui sont tous égaux à 2.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation différentielle pour laquelle le point $x=y=0$ est un foyer.* Note de M. **Louis Dehousse**, présentée par M. Émile Borel.

On sait qu'une équation pour laquelle le point $x=y=0$ est un foyer d'ordre r, peut se mettre ([1]) sous la forme

$$x\frac{dy}{dx} = -y\left[\frac{p}{q} + x^{pr}y^{qr}A(x, y)\right].$$

([2]) *Leçons sur la théorie des spineurs*, Chap. V et VI, surtout § 123 (Paris, 1938).
([3]) L. Pontjagin, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1277-1280.
([4]) *Ann. of Math.*, 35, 1934, p. 396-443; *Journ. de Math.*, 16, 1937, p. 69-100.

([1]) H. Dulac, *Journ. Éc. Polytechnique*, IIe série, 9e cahier, 1904, p. 26 et 27.

Considérons l'équation

$$x\frac{dy}{dx} = -y\left[\frac{p}{q} + x^{pr}y^{qr}A(y)\right], \tag{1}$$

où l'on a

$$A(y) = a_0 + a_1 y + \ldots + a_n y^n + \ldots.$$

Elle admet [2] la solution

$$\frac{x^{pr}y^{qr}}{K(x, y) - x^{pr}y^{qr}\log x^{qra_0}} = C; \tag{2}$$

$K(x, y)$ n'est holomorphe dans le domaine du point $x = y = 0$ que dans le seul cas $A(y) = a_0$.

Il y a donc lieu d'appliquer au développement de K la théorie des séries sommables de M. Borel. En posant

$$z = a_0 \frac{q}{p} x^{pr} y^{qr},$$

on trouve

$$K(y, z) = 1 + C_1 z + yz[h_0(y) + h_1(y)z + \ldots + h_n(y)z^n + \ldots].$$

La fonction associée à la série écrite entre crochets

$$\Theta(y, az) = h_0(y) + h_1(y)(az) + \ldots + \frac{h_n(y)}{n!}(az)^n + \ldots$$

est holomorphe lorsque y et az sont suffisamment petits.

On peut évidemment écrire

$$\Theta(y, az) = \theta_0(az) + y\,\theta_1(az) + \ldots + y^j\theta_j(az) + \ldots.$$

Soit

$$z = \xi - i\eta \qquad (\xi > 0).$$

Il existe des fonctions $\omega^{(\lambda)}_{j,l}(|z|)$ telles que l'on ait

$$|\theta^{(\lambda)}_0(az)| < \omega^{(\lambda)}_{0,0}.$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$|\theta^{(\lambda)}_j(az)| < \omega^{(\lambda)}_{j,l} + \omega^{(\lambda)}_{j,1}a + \ldots + \omega^{(\lambda)}_{j,j}a^j,$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

quel que soit a, réel, non négatif.

---

(2) H. Dulac, *Bull. Sc. Math.*, 37, 48e vol., 1913, p. 305.

On peut prendre

$$\omega_{j,l}^{(\lambda)} = A^{\lambda} \frac{j(j-1)\ldots(j-l+1)}{(l!)^2}[4k(qr+2)]^j\left[\frac{qr+1}{qr+2}z\right]^l,$$

$A^{(\lambda)}$ et k étant des nombres positifs.

Ce résultat permet de montrer que les intégrales

$$\int_0^{\infty} e^{-a}|\Theta(y, az)|\,da, \qquad \int_0^{\infty} e^{-a}\left|\frac{d^{\lambda}\Theta(y, az)}{d(az)^{\lambda}}\right|da$$

ont un sens, si l'on a

$$(3) \qquad \xi \geq 0, \qquad |y| < \frac{1}{4k(qr+2)}, \qquad |y|\,|z| < \frac{qr+2}{qr+1}[1 - 4k(qr+2)|y|].$$

La formule (2) peut donc encore représenter la solution de l'équation (1). Toutefois, on voit facilement que l'on ne peut faire tendre x vers zéro en même temps que z, si z varie dans le domaine (3).

MÉCANIQUE DES SYSTÈMES DÉFORMABLES. — *Sur le mouvement d'un fil où glisse un petit anneau.* Note [1] de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

Soient P le petit anneau de masse non négligeable qui glisse sur le fil inextensible et s, fonction du temps θ, l'abscisse curviligne de P. Soient $\overrightarrow{V}_0$, $\overrightarrow{V}_1$ les vitesses pour $s - \varepsilon$ et $s + \varepsilon$ à l'instant θ, $\overrightarrow{t}_0\,\overrightarrow{t}_1$ les vecteurs unitaires portés par les demi-tangentes positives en P, ρ la densité en P. Posons $u = -ds/d\theta$.

P décrit une trajectoire où sa vitesse est $\overrightarrow{W}$. Soit M le point du fil qui est en M′ sur cette trajectoire à l'instant $\theta + d\theta$, l'anneau étant venu jusqu'à lui. La considération du triangle MPM′ donne la relation (1); la suivante s'obtient de même.

$$(1) \qquad \overrightarrow{V}_0 = \overrightarrow{W} + u\overrightarrow{t}_0, \qquad\qquad (2) \qquad \overrightarrow{V}_1 = \overrightarrow{W} + u\overrightarrow{t}_1,$$

On interprète facilement ces relations à l'aide d'un mouvement d'entraînement de vitesse W; tout se passe comme si le fil roulait en P, immobile,

---

[1] Séance du 21 novembre 1938.

sur une petite poulie. Le raisonnement a prouvé implicitement que les deux plans $V_0 t_0$ et $V_1 t_1$ contiennent w.

Retranchant membre à membre (1) et (2), on a

$$\vec{V}_1 - \vec{V}_0 = u\left(\vec{t}_1 - \vec{t}_0\right), \tag{3}$$

qui prouve que la variation de vitesse est dirigée suivant la bissectrice intérieure de l'angle du fil.

Passons à l'étude dynamique du problème, qui précisera quelques points de notre Thèse [2]. Soit PM la portion du fil telle que l'anneau soit en P à l'instant θ et en M à $\theta + d\theta$. Le théorème sur la variation de quantité de mouvement donne

$$\lim - \frac{\rho\left(\vec{V}_1 - \vec{V}_0\right)\Delta s}{\Delta\theta} = T_1 \vec{t}_1 - T_0 \vec{t}_0 + \vec{R}.$$

R étant la réaction de l'anneau. Or $\Delta s / \Delta\theta$ tend vers $-u$; à la limite nous avons

$$\rho u\left(\vec{V}_1 - \vec{V}_0\right) = T_1 \vec{t}_1 - T_0 \vec{t}_0 + \vec{R}. \tag{4}$$

et, en tenant compte de (3),

$$\vec{R} = \vec{t}_1(\rho u^2 - T_1) - \vec{t}_0(\rho u^2 - T_0). \tag{5}$$

Donc nécessairement la réaction est dans le plan des tangentes au fil. Pour l'anneau nous aurons la relation

$$\vec{F} - m\frac{d\vec{W}}{d\theta} - \vec{R} = 0.$$

Comme cas particulier nous avons celui où le fil présente un point anguleux sans anneau ; R est nul et par suite

$$T_1 = T_0 = \rho u^2.$$

Un problème voisin est le suivant : un fil inextensible rebondit sur une surface fixe, c'est-à-dire qu'il ne reste en contact avec la surface qu'en un point où il présente un point anguleux. Dans tous les calculs précédents il suffit de remplacer la réaction de l'anneau par celle de la surface. Il y a seulement lieu de remarquer que la réaction, dans l'un ou l'autre des deux

---

[2] *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 4e série, 1, 1937, p. 17.

cas considérés, peut se trouver à l'intérieur de l'angle du fil ou à l'extérieur, suivant le signe des quantités $\rho u^2 - T$.

La vitesse de glissement s'obtient facilement par la considération de la petite poulie; c'est

$$\vec{V}_g = \vec{W} + u\vec{\tau}, \tag{6}$$

τ étant le vecteur unitaire du plan tangent situé dans le plan du fil. S'il n'y a pas de frottement, la réaction est normale et le plan $t_0 t_1$ aussi. S'il y a frottement, nous connaissons la direction de la réaction à l'aide de la vitesse de glissement, en supposant applicables les lois habituelles du frottement.

Si $\vec{\nu}$ est le vecteur normal à la surface, comme W est dans le plan tangent, en faisant le produit scalaire des deux membres de (1) par ν, on trouve

$$\vec{V_0}\vec{\nu} = u\vec{t_0}\vec{\nu}. \tag{7}$$

Pour voir de quelle manière le problème est indéterminé, on peut supposer donnés V_0, t_0, ν, T_0, f, les inconnues sont u, V_1, t_1, W, T_1, τ. (7) donne u, (1) donne W, (2) donne V_1. Supposons t_1 choisi arbitrairement, on en déduit τ, puis la vitesse de glissement, d'où, avec le coefficient de frottement, la direction de R. Or, R doit se trouver dans le plan $t_0 t_1$, ce qui ne peut se produire que pour des positions bien déterminées de τ. τ ainsi déterminé, il nous manque l'angle de relèvement de t_1. Ensuite, nous avons à décomposer $\rho u^2 - T_0$ suivant t_1 et la direction de R, d'où $\rho u^2 - T_1$ et R. Seule une loi physique permet d'avoir l'angle de relèvement du fil, qu'il y ait frottement ou non.

Des exemples particuliers peuvent se traiter jusqu'au bout si l'on précise le rebondissement.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Formation d'ascendances thermo-convectives au-dessus d'une région uniformément chauffée par rayonnement.* Note de M. **Gaston Sartory**, présentée par M. Henri Villat.

Les expériences dans lesquelles le rayonnement d'une source lumineuse est utilisé pour provoquer des ascendances thermo-convectives, étant peu nombreuses, nous en avons entrepris une série, que nous développerons à des échelles croissantes, afin de relier les phénomènes observés à l'étude de la turbulence atmosphérique.

La technique que nous avons utilisée est la suivante :

Le rayonnement est fourni par un arc électrique qui projette, sur le fond en bois d'une enceinte noircie intérieurement, entièrement close et munie des dispositifs nécessaires à l'observation, un faisceau lumineux produisant une tache dont on peut faire varier les dimensions à l'aide d'un diaphragme. Dans cette première série d'expériences, cette tache est circulaire et son diamètre varie de 12^{mm} à 130^{mm}.

L'enceinte protectrice est constituée par un coffre cubique en bois de 1^{m} de côté, dont le rôle est de protéger les phénomènes contre les perturbations extérieures.

Les dimensions du fond de cette enceinte sont telles par rapport à celles de la tache illuminée, que les parois peuvent être considérées comme étant situées à l'infini et sans influence sur le phénomène, lorsque cette tache occupe le centre du fond.

La visibilité des courants thermo-convectifs est obtenue à l'aide de fumée de tabac préalablement insufflée au début de chaque expérience.

La puissance utilisée est faible (1,2kW environ), et la source lumineuse est située à 3^{m} du fond de l'enceinte. Le faisceau lumineux traverse en outre une cuve à eau de 30^{mm} d'épaisseur. La température au moment des expériences était 18°,5.

Dans ces conditions, après une illumination de quelques minutes, on voit s'élever de la plage éclairée, un jet de fumée unique en général, qui, parvenu à une certaine hauteur, s'infléchit, redescend et engendre un mouvement tourbillonnaire.

La figure 1 montre le début de l'évolution d'une telle ascendance dont la hauteur photographiée est 250^{mm} environ.

On remarquera l'apparence de rigidité de sa partie inférieure.

(Cette ascendance s'est développée beaucoup plus haut.)

Au cours d'une autre expérience, le calme à peu près absolu de l'intérieur de l'enceinte nous a permis d'observer l'ascendance que montre la figure 2; elle s'est développée jusqu'à une hauteur de 75^{cm}, puis, a donné naissance à un tourbillon de cette dimension.

La verticalité de cette ascendance est remarquable ainsi que son développement à la façon d'un jet. Ces phénomènes observés sont stables.

La vitesse ascensionnelle de ces ascendances est environ : 30 cm/sec.

Cette première série d'expériences nous a permis de remarquer que :

1° Lorsqu'une région plane dont les dimensions transversales sont sensiblement les mêmes dans toutes les directions, est chauffée par rayonne-

ment, elle donne en général naissance à une ascendance thermo-convective unique, dont le développement en hauteur peut être considérable.



Fig. 1.

Fig. 2.

2° La surface de la plage chauffée peut varier entre de très larges limites, sans modifier sensiblement le phénomène.

3° Ces ascendances thermo-convectives isolées ne prennent pas rigoureusement naissance au centre géométrique de la surface illuminée, mais toujours au voisinage de ce point.

GÉODÉSIE. — *Caractères des erreurs affectant les nivellements.* Note de M. **Jean Vignal**, présentée par M. E. Fichot.

I. *Hypothèses de M. Lallemand.* — En présence du désaccord existant entre les erreurs des nivellements et les lois de Gauss, M. Lallemand a émis les ingénieuses hypothèses résumées ci-dessous, déjà partiellement entrevues avant lui, mais qu'il a eu le grand mérite de grouper le premier en un ensemble complet, pour en déduire des résultats précis. Ces hypothèses ont servi de base à toutes les formules proposées depuis pour l'évaluation de la précision des nivellements, notamment à celles qui furent admises internationalement, sur son initiative, de 1912 à 1936.

1° Les nivellements sont affectés par *deux catégories* d'erreurs, qui agissent *indépendamment* les unes des autres.

2° Les erreurs de *première catégorie* (appelées *accidentelles* par M. Lallemand) obéissent aux lois de Gauss et sont caractérisées par une erreur probable (accidentelle) par kilomètre e_p, telle que l'erreur probable de première catégorie p_a sur la différence de niveau entre deux repères distants de D, soit $e_p\sqrt{\mathrm{D}}$.

3° Les erreurs de *seconde catégorie* (appelées *systématiques* par M. Lallemand) n'obéissent pas aux lois de Gauss. M. Lallemand est conduit à regarder leur influence comme *négligeable*, *sur de petites distances*, devant celle des erreurs de première catégorie. En d'autres termes, si a_w est l'erreur probable de seconde catégorie sur la différence de niveau entre deux repères distants de D, la quantité $a_w/\sqrt{\mathrm{D}}$ s'annule avec D.

De plus, M. Lallemand considère que les valeurs de l'erreur de seconde catégorie a_{L} relevées aux extrémités des tronçons de longueurs L, en lesquels on peut arbitrairement décomposer le réseau, sont au hasard positives ou négatives pour les divers tronçons, même consécutifs. Cela suppose implicitement la longueur moyenne L_m des tronçons supérieure à une certaine *limite* Z, qui doit être en fait, d'après l'aspect des diagrammes bien connus des discordances cumulées, de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres.

4° M. Lallemand admet enfin que l'on peut caractériser les erreurs de seconde catégorie par une erreur probable (systématique) par kilomètre s, qui est la valeur probable, pour les divers tronçons, des quantités $a_{\mathrm{L}}/\mathrm{L}$.

Pour lui, la précision d'un nivellement est donc caractérisée par deux coefficients e_p et s; et le second est à ses yeux, comme le premier, indépendant de la longueur moyenne arbitraire L_m des tronçons.

II. *Difficultés d'application des hypothèses de M. Lallemand.* — Les hypothèses précédentes ont marqué en leur temps un progrès capital. Mais la précision sans cesse croissante des nivellements modernes a entraîné peu à peu, dans leur application, de sérieuses difficultés. Les formules déduites de ces hypothèses, soit par M. Lallemand, soit par d'autres géodésiens, conduisent en effet pour le coefficient s à des valeurs *variables* avec la longueur moyenne L_m des tronçons, et qui décroissent lorsque L_m croît.

On peut d'ailleurs établir théoriquement, sur certaines de ces formules, que les valeurs de s *données par elles doivent bien varier avec* L_m, *dans le sens indiqué.*

III. *Caractère purement accidentel des erreurs de toute catégorie à des dis-*

tances suffisantes. — En s'appuyant sur la troisième hypothèse de M. Lallemand, on démontre aisément que, pour deux repères de distance D supérieure à la limite Z, la valeur probable a_w de l'erreur de seconde catégorie sur leur différence de niveau est proportionnelle à $\sqrt{D}$, de la forme $e_a\sqrt{D}$, e_a étant une constante.

Ainsi, sur des distances suffisantes, les erreurs de seconde catégorie ont, comme celles de première catégorie, une influence purement accidentelle. C'est pourquoi nous croyons préférable de renoncer à les désigner, comme faisait M. Lallemand, sous le nom d'*erreurs systématiques*. Et le mot *accidentel* ne suffisant plus à distinguer les unes des autres les deux catégories d'erreurs pourrait, selon nous, disparaître du langage courant.

IV. *Erreurs pantophanes et apophanes.* — Cependant la distinction fondamentale, mise en lumière par M. Lallemand, subsiste entre les deux catégories d'erreurs. Afin de les différencier, nous suggérons respectivement, pour les erreurs de première et de seconde catégorie, les noms d'*erreurs pantophanes* et d'*erreurs apophanes* (πάντη, partout; ἀπό, au loin; et φαίνομαι, paraître).

V. *Hypothèses nouvelles sur les erreurs affectant les nivellements.* — Nous proposons de ne conserver que les trois premières hypothèses de M. Lallemand, à l'exclusion de la quatrième.

Les erreurs de première catégorie (pantophanes) continueraient à être caractérisées par une erreur probable (pantophane) par kilomètre, qui serait toujours le coefficient e_p défini ci-dessus (§ I, 2°).

Les erreurs de seconde catégorie (apophanes) se trouveraient caractérisées non plus par le coefficient s, mais par une erreur probable (apophane) par kilomètre, qui serait le coefficient e_a, défini ci-dessus (§ III) pour $D > Z$.

Pour $D < Z$, le rapport $a_w/\sqrt{D}$ décroît, d'après les hypothèses conservées, de la valeur e_a à zéro, quand la distance D décroît de la limite Z à zéro. Introduisant une légère précision supplémentaire, nous supposerions cette décroissance *régulière*.

VI. *Représentation par un nombre unique de la précision globale d'une méthode de nivellement.* — Les hypothèses ainsi modifiées ont l'avantage de permettre de caractériser la précision globale d'une méthode de nivellement par un coefficient unique, l'*erreur probable totale par kilomètre* e_t, donné par la relation $e_t^2 = e_p^2 + e_a^2$.

On trouvera dans un autre Recueil des détails sur les considérations précédentes, ainsi que sur les relations entre le coefficient e_a et les deux

expressions précises, et d'ailleurs différentes, adoptées par M. Lallemand pour le coefficient s.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Un théorème sur la structure du proton et du neutron.* Note (¹) de M. GUIDO BECK, présentée par M. Louis de Broglie.

La fonction de Hamilton d'une particule nucléaire en interaction avec un champ d'électrons lourds peut être écrite

$$(1)\qquad H = H_0 + \sqrt{4\pi}\, e A \sum_k \sqrt{\frac{h^2}{8\pi^2 w_k}}\,(\rho_k + \sigma_k) + \sum_k w_k (a_k a_k^* + b_k b_k^*),$$

H_0 est l'énergie cinétique de la particule, w_k l'énergie d'un électron lourd de vecteur d'onde $\vec{k}$; a_k, b_k sont des opérateurs satisfaisant aux relations

$$(2)\qquad a_k^* a_k - a_k a_k^* = 1, \qquad b_k^* b_k - b_k b_k^* = 1.$$

Les nombres d'électrons lourds positifs et négatifs correspondant à $\vec{k}$ sont

$$N_k^+ = a_k a_k^*, \qquad N_k^- = b_k b_k^*.$$

et

$$(3)\qquad E = \sum_k (N_k^+ - N_k^-)$$

représente la charge totale du champ. Les $N_k^{\pm}$ ont les valeurs propres 0, 1, 2, ..., et il est facile de montrer que $N_k^{\pm}$ et E sont des intégrales du mouvement en l'absence de la particule nucléaire.

Les matrices ρ_k, σ_k, τ sont définies par

$$(4)\qquad \rho_k = \begin{pmatrix} 0 & a_k f_k \\ a_k^* f_k^* & 0 \end{pmatrix}, \qquad \sigma_k = \begin{pmatrix} 0 & b_k^* f_k^* \\ b_k f_k & 0 \end{pmatrix}, \qquad \tau = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix};$$

f_k dépend du choix de l'énergie d'interaction.

Dans le cas le plus simple $f_k = e^{i\vec{k}\vec{r}} L^{\frac{3}{2}}$. Cependant nos conclusions seront indépendantes du choix de f_k.

Nous en déduisons les relations

$$(5)\qquad \begin{cases} \tau\rho_k + \rho_k\tau = 0, & \tau\sigma_k + \sigma_k\tau = 0, \\ \rho_k N_k^+ - N_k^+\rho_k = \tau\rho_k, & \sigma_k N_k^- - N_k^-\sigma_k = \tau\sigma_k, \end{cases}$$

(¹) Séance du 23 janvier 1939.

et nous obtenons, en tenant compte de (1), (3) et (4),

$$(6)\quad \begin{cases} \mathrm{HE}-\mathrm{EH} = \sqrt{4\pi c}\,\mathrm{A}\sum_k \sqrt{\frac{h^2}{8\pi^2 w_k}}\,\tau(\rho_k+\sigma_k), \\ \frac{1}{2}(\mathrm{H}\tau-\tau\mathrm{H}) = -\sqrt{4\pi c}\,\mathrm{A}\sum_k \sqrt{\frac{h^2}{8\pi^2 w_k}}\,\tau(\rho_k+\sigma_k), \end{cases}$$

ou bien

$$(7)\quad \mathrm{H}\left(\mathrm{E}+\frac{1}{2}\tau\right)-\left(\mathrm{E}+\frac{1}{2}\tau\right)\mathrm{H}=0.$$

Par conséquent, bien que E ne soit pas une intégrale de (1), la somme

$$(8)\quad \mathrm{E}+\frac{1}{2}\tau=\mp\frac{1}{2},\quad \mp\frac{3}{2},\quad \mp\frac{5}{2},\quad \ldots$$

est une constante du mouvement.

D'après (8), la charge du champ propre d'une particule nucléaire est $1/2\tau e = \mp 1/2 e$. Une particule nucléaire peut donc être considérée comme une particule de charge $+1/2 e$, entourée d'un champ propre chargé, susceptible de deux états, $-1/2 e$ et $+1/2 e$. Le premier état correspond évidemment au neutron, tandis que le second représente le proton.

Ce résultat rigoureux est identique à une conclusion obtenue précédemment par des considérations élémentaires [2]. Il se rapporte au champ d'une seule particule, tandis que la charge du champ de plusieurs particules n'est plus rigoureusement une constante.

MAGNÉTISME. — *Un phénomène de propagation d'onde dans une file d'aimants. Application au ferromagnétisme.* Note [1] de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Envisageons une file de petits aimants identiques ..... $S_{n-1}N_{n-1}$, S_nN_n, $S_{n+1}N_{n+1}$, ... disposés comme l'indique la figure et supposons-les mobiles, dans le plan de celle-ci, autour de leurs centres de symétrie. Nous désignerons par $2l$ la longueur de chacun d'eux et par d la distance de deux centres consécutifs.

---

(2) *Nature*, 141, 1938, p. 609.

(1) Séance du 23 janvier 1939.

Supposons que nous imprimions un certain mouvement périodique à l'élément qui se trouve à une des extrémités de la file : cherchons les conditions de propagation de cet ébranlement dans toute la rangée en supposant que les actions magnétiques de Coulomb ne s'exercent qu'entre les pôles immédiatement voisins.

Nous désignerons par $\mp m$ les masses magnétiques des pôles, par α_{n-1}, α_n, α_{n+1}, ... les angles supposés petits que font les aimants déplacés à partir de leurs positions d'équilibre, par I le moment d'inertie de l'un quelconque des aimants par rapport à l'axe d'oscillation. L'équation du mouvement du $n^{\text{ième}}$ aimant est

$$I\ddot{\alpha}_n = -\frac{m^2}{K}\left[l^2(\alpha_{n-1} + 2\alpha_n + \alpha_{n+1}) + 2l(d-2l)\alpha_n\right]$$

avec $K = (d-2l)^3$.

Supposons que les écarts α_n soient représentés par une formule générale correspondant à une propagation d'onde

$$\alpha_n = A e^{2\pi i(\nu t - and)},$$

ν étant la fréquence, a l'inverse de la longueur d'onde et n un entier; nous obtenons pour la fréquence

$$\nu^2 = \frac{m^2 l}{2\pi^2 IK}\left[d - 2l\sin^2\pi a d\right],$$

d étant supérieur à $2l$, la valeur de la fréquence sera toujours réelle.

On peut tracer la courbe représentant les variations de ν en fonction de $\pi a d$ ou de $1/\lambda$, on obtient la courbe figurée. On constate que la fréquence ν est toujours comprise entre deux limites ν_0 et ν_1; on est en présence d'un filtre *passe bande*, et l'on a

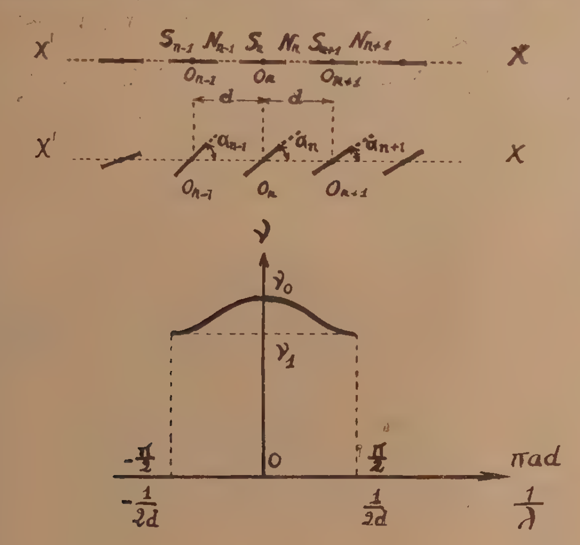
$$\nu_0 = \frac{m}{\pi}\sqrt{\frac{l d}{2KI}}, \qquad \nu_1 = \frac{m}{\pi}\sqrt{\frac{l(d-2l)}{2KI}}.$$

Pour la fréquence ν_0, nous pouvons remarquer que, dans leurs mouvements, les aimants élémentaires resteront parallèles.

Remarque. — Si l'on suppose la présence d'un champ magnétique H parallèle à la direction X'X, les conclusions précédentes se retrouvent; seules les valeurs des fréquences limites se trouvent changées.

Application au ferromagnétisme. — Au-dessous du point de Curie, nous pouvons admettre que les divers aimants élémentaires qui se trouvent

répartis dans un cristal ferromagnétique tendent à devenir parallèles entre eux à mesure que la température se rapproche du zéro absolu. Au voisinage de ce point on se trouve donc dans les conditions de l'étude précédente. Considérons alors un volume cristallin comportant N atomes (c'est-à-dire N aimants élémentaires); en nous plaçant dans le cas où il n'y a pas de



champ extérieur, calculons l'énergie d'aimantation spontanée aux très basses températures.

Pour plus de simplicité, nous supposerons, comme on le fait dans la théorie des chaleurs spécifiques du corps solide, que les limites ν_0 et ν_1 sont très voisines (ce qui revient à supposer $2\,l$ très petit devant d) et nous remplacerons la courbe précédemment tracée par une parallèle à l'axe des abscisses d'ordonnée à l'origine ν_0.

L'énergie est

$$U(T) = 3N\left[\frac{h\nu_0}{e^{\frac{h\nu_0}{kT}} - 1} + \frac{h\nu_0}{2}\right]$$

et la chaleur spécifique d'aimantation spontanée

$$c = 3Nk\frac{e^{\frac{h\nu_0}{kT}}\left(\frac{h\nu_0}{kT}\right)^2}{\left[e^{\frac{h\nu_0}{kT}} - 1\right]^2}.$$

Cette expression conduit à une variation de c en fonction de la tempé-

rature conforme aux faits expérimentaux; elle est d'autre part à rapprocher de celle obtenue par Ising ([2]) dans sa théorie du ferromagnétisme.

SPECTROSCOPIE. — *Extension du spectre du tellure dans l'ultraviolet extrême.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**.

Nous avons repris l'étude du spectre du tellure obtenu par décharge oscillante dans un tube sans électrode. Nous employons un spectrographe à réseau tangent de 2^m de rayon sous une incidence de 4° environ, donnant au voisinage de 200 Å une dispersion de 1,5 Å mm. Les plaques utilisées sont des plaques Q Ilford. Dans la région comprise entre 232 et 110 Å, nous avons obtenu 80 raies nouvelles et remesuré avec précision 30 raies dont les longueurs d'onde n'avaient été calculées que par extrapolation dans nos listes antérieures ([1]). Le Tableau suivant contient les longueurs d'onde corrigées de ces raies ainsi que celles des raies nouvelles.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
6...	232,37	0...	209,61	2...	200,31	00..	170,29	4...	140,99
1...	229,12	3...	208,81	2...	199,71	00..	170,08	00..	140,07
0...	228,65	00..	208,47	1...	198,81	0...	168,29	00..	139,61
6...	227,86	0 d.	208,00	1...	198,30	1...	167,50	2...	137,27
00..	227,15	00..	207,25	1...	198,20	0...	165,27	0...	135,43
0...	225,73	00..	207,16	1...	197,80	00..	164,81	0...	133,61
0?..	224,97	2...	206,53	1...	196,26	00..	163,75	00..	133,07
0 td.	222,57	0...	206,26	2...	193,58	00..	162,33	0...	132,83
00..	221,91	2...	205,83	0...	190,01	00..	162,09	0...	132,56
00..	219,91	2...	205,66	0...	187,77	0...	161,08	3...	129,49
1...	218,85	2...	205,47	0...	187,25	00..	160,80	0...	129,36
0...	218,76	3...	204,90	2...	187,15	1...	159,19	0...	125,54
1...	218,66	2...	204,45	3...	181,80	0...	158,92	0...	121,03
0...	217,60	2...	204,35	0...	181,55	0...	158,77	2...	118,51
0...	217,55	3...	203,80	0...	180,82	4...	154,10	1...	115,62
00..	214,96	2...	203,27	0...	179,47	0...	152,78	1...	115,18
0...	214,76	2...	202,83	00..	179,33	00..	147,40	1...	114,97
00..	213,57	1...	202,72	0...	176,76	2...	146,62	0...	114,07
0...	213,10	3...	202,20	0...	174,62	2...	144,94	00..	113,93
1...	212,86	2...	202,02	3...	174,50	1...	142,49	1...	112,45
1...	212,69	2...	201,92	00..	173,41	2...	141,92	0...	110,10
1...	212,53	0...	201,18	2...	172,65				

([2]) F. Bitter, *Introduction to Ferromagnetism*, New-York and London, 1937, p. 143.

([1]) Voir L. et E. Bloch, *J. d. Phys. et le Radium*, 6, 1935, p. 441.

OPTIQUE. — *Sur la théorie du photodichroïsme.* Note de M. **Georges Ungar**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai établi (¹) une relation représentant le photodichroïsme [effet Weigert des couches colorées en fonction de l'insolation (²)]. Comme je l'ai souligné (³), cette relation ne s'applique qu'aux couches faiblement colorées (l'approximation n'est admissible que pour une extinction de la couche non insolée moindre que 0,2).

J'ai donc essayé d'obtenir une formule générale pour le photodichroïsme, en employant comme équation différentielle pour le processus de décoloration, au lieu de la formule approximative

$$dN/dt = -iE, \qquad \ldots (a),$$

l'équation précise

$$dN/dt = -i(1 - e^{-E}) \;(^3), \quad \ldots (b),$$

où N représente le nombre de molécules du colorant par centimètre carré, i l'intensité de la lumière incidente (nombre de quanta par centimètre carré et sec.) et E l'extinction de la couche.

Si l'on substitue, dans la dérivation développée précédemment (⁴), l'équation (b) à l'équation (a), il est impossible de représenter le photodichroïsme en employant seulement des fonctions connues.

Le développement en série ne fournit pas non plus un résultat satisfaisant, la convergence de cette série se faisant très mal. Je ne considère donc ici que les premiers termes de la série.

Soient E_1 et E_2 les extinctions de la couche insolée pour la lumière polarisée rectilignement, vibrant respectivement dans une direction parallèle à la lumière excitatrice et à angle droit de cette direction (⁵), E_0 l'extinction

(¹) *Zeitschr. physik. Chem.*, B, **38**, 1938, p. 427.

(²) La même relation était dérivée un peu plus tard par S. Nikitine (*Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1219; **207**, 1939, p. 331). Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 973) Nikitine a déjà publié une formule approximative pour une insolation faible.

(³) Par cette formule P. Lasareff (*Zeitschr. f. physik. Chem.*, **98**, 1921, p. 94) a représenté la vitesse du pâlissement des colorants et l'a trouvée d'accord avec l'expérience. Pour l'intégration de la formule (b) cf. Plotnikow, *Allgemeine Photochemie*, Berlin-Leipzig, 1936, p. 334.

(⁴) *Loc. cit.*, p. 433-236, équations (7)-(18).

(⁵) Nikitine emploie les signes K_x et K_y.

de la couche non insolée et N_0 le nombre de molécules du colorant par centimètre carré de cette couche : soient, d'autre part, $\mathcal{J} = it$ l'insolation, ε_1 et ε_2 les coefficients moléculaires d'absorption pour la lumière ordinaire et extraordinaire, $\bar{\varepsilon} = (\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2)/3 = E_0/N_0$ le coefficient moyen d'absorption moléculaire.

Le photodichroïsme φ peut être représenté en fonction de l'extinction initiale par la série

$$\varphi = \frac{E_1 - E_2}{E_0} = -2\,\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)_0}{\bar{\varepsilon}}\,\mathcal{J}\left\{\frac{1}{3.5}\right. \ldots$$ [illegible]

Pour la détermination des courbes du photodichroïsme, j'ai calculé numériquement les intégrales pour de nombreuses valeurs de E_0 et de $\mathcal{J}$. D'un nombre considérable de courbes, j'ai pu déduire les relations générales nécessaires à l'interprétation des expériences. Quand l'extinction initiale croît, le maximum des courbes du photodichroïsme se déplace vers des valeurs plus hautes de l'insolation. Si E_0 est plus grand que 1, le maximum (φ_{max}) se trouve à peu près pour $\mathcal{J} = N_0$; la hauteur du maximum dépend moins fortement de E_0. Le tableau suivant nous montre φ_{max} pour des valeurs différentes de l'extinction initiale E_0 et du facteur d'anisotropie moléculaire $\mathfrak{S} = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)/\bar{\varepsilon}$ [6].

		$E_0 = 0,2$.	$E_0 = 2,0$.	$E_0 = 4,0$.
φ_{max}	$\mathfrak{S} = 3$	0,435	0,395	0,340
	$\mathfrak{S} = 2$	0,185	0,140	0,090
	$\mathfrak{S} = 1$	0,045	0,034	0,017

Dans le domaine considéré, φ_{max} diminue linéairement quand E_0 croît. Enfin, il faut encore souligner que la validité de la formule approximative pour les faibles insolations $\varphi = -2\,\mathfrak{S}^e\,\bar{\varepsilon}\,\mathcal{J}/15$ est restreinte, quand E_0 croît, à des valeurs de plus en plus faibles de l'insolation : pour $E_0 = 0,2$ cette équation donne encore une bonne approximation pour $\mathcal{J} = N_0$, pour $E_0 = 2$ elle n'est déjà plus applicable pour $\mathcal{J} = N_0/50$.

(6) Nikitine caractérise l'anisotropie de la molécule par la quantité $\varepsilon = \varepsilon_2/\varepsilon_1$. Entre ε et $\mathfrak{S}$ on a la relation $\mathfrak{S} = 3(1 - \varepsilon)/(1 + 2\varepsilon)$.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Émission probable de mésotons dans certaines catastrophes nucléaires.* Note de M. **Maurice E. Nahmias**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans un travail antérieur [1], où je m'étais proposé de mettre en évidence l'ionisation possible due aux neutrinos, j'avais signalé qu'une forte source de radium convenablement protégée par du plomb émet une radiation très pénétrante ayant un coefficient d'absorption de l'ordre de 0,03 cm^{-1} dans le plomb, et en très faible proportion : une particule ou quantum (?) pour 10^{12} rayons β, en supposant l'efficacité du compteur Geiger-Muller, pour cette radiation pénétrante, du même ordre de grandeur que celle des β. Je soulignais alors que cette radiation ne pouvait pas être due à des neutrons de la source de radium. En effet, pour être responsable de cet effet, par radioactivité provoquée dans les parois du compteur et par les rayons γ et les électrons secondaires arrachés au plomb entourant le compteur, la source aurait dû être intimement mélangée à du béryllium. Admettre, d'autre part, que les neutrinos peuvent avoir un tel coefficient d'absorption serait en contradiction avec le nombre si petit de coups enregistrés au compteur, par comparaison avec le nombre très grand de neutrinos émis par la source. J'indiquais finalement que ce reste de courbe d'absorption était analogue à celui que présentait le rayonnement pénétrant de la radiation cosmique et j'envisageais alors (1934) l'improbabilité de l'émission d'une telle radiation par le radium.

Depuis cette époque Yukawa [2] a émis l'hypothèse de l'existence du mésoton, particule de charge élémentaire positive ou négative de masse environ 200 fois celle de l'électron au repos. Cette particule permet d'expliquer l'interaction proton-neutron et les grands moments magnétiques trouvés pour ces éléments constitutifs des noyaux. La découverte des mésotons dans la radiation cosmique a apporté une confirmation à la théorie de Yukawa. En outre, la désintégration du mésoton libre en un électron (positif ou négatif) et un neutrino avec une vie moyenne (en temps propre) de l'ordre de 10^{-5} seconde, également prévue par Yukawa, a servi à expliquer aussi le phénomène qu'on a convenu d'appeler le paradoxe de Heisen-

---

(1) *Proc. Phys. Math. Soc. Jap.*, 17, 1935, p. 48 et suivantes.

(2) Paul Ehrenfest et Fréon, *Journ. de Phys.*, 9, 1938, p. 529.

berg ([3]) dans l'étude de la composante pénétrante du rayonnement cosmique.

En considérant donc le problème sous ce nouvel angle j'émets l'hypothèse que les particules pénétrantes que j'ai observées dans les expériences précitées seraient des mésotons (ou des protons animés de vitesses telles qu'il est pratiquement impossible de les différencier des mésotons).

Il faut donc supposer que dans certaines catastrophes nucléaires l'énergie disponible serait de l'ordre de 100 MeV. Ces catastrophes rares, mais observables, seraient dues soit à une cause aussi inconnue que celle de la radioactivité naturelle, et je les appellerais alors *catastrophes nucléaires spontanées*, ou elles seraient provoquées par les neutrons ([4]) émis en faible quantité par toute source de radium. En effet le bombardement des parois de verre de la source par les rayons α cause l'émission d'une faible quantité de neutrons. On trouve qu'une source de radon émet environ 2000 neutrons par minute et par millicurie. J'évalue à 10^6 le nombre de neutrons émis par minute par ma source de 5 grammes de radium. Ces neutrons sont d'ailleurs dans des conditions idéales pour bombarder les atomes de radium et provoquer ces catastrophes nucléaires. De celles-ci résulterait le scindement de l'atome en deux ou plusieurs atomes plus légers, stables ou radioactifs (certaines isoméries seraient peut-être à revoir) avec dans certains cas libération d'un mésoton (ou émission d'un proton de très grande énergie).

Il est donc à présumer que du sel de radium intimement mélangé à du béryllium doit émettre un plus grand nombre de mésotons qu'une ampoule ordinaire de radium. Des expériences vont être faites, mais un résultat négatif dans ce sens laisserait intacte la première hypothèse de *catastrophe nucléaire spontanée*. Celle-ci serait alors à prouver par l'observation à la chambre Wilson, par exemple, de milliers de clichés de reculs lors de désintégrations radioactives d'éléments situés dans les dernières cases de la classification.

Les expériences sur les mésotons cosmiques ayant prouvé que leur vie moyenne et leur masse sont de l'ordre de grandeur de celles prévues par Yukawa, et ces mêmes expériences assignant aux mésotons un coefficient d'absorption qui est de l'ordre de celui que j'ai trouvé dans mon travail précité, la confirmation de l'hypothèse que je propose apporterait aussi un nouvel appui aux vues de Yukawa sur l'existence et l'influence du mésoton dans les phénomènes nucléaires.

([3]) *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 31, 1935, p. 99.

([4]) Voir ci-après, p. 341, la Note de M. Frédéric Joliot.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Preuve expérimentale de la rupture explosive des noyaux d'uranium et de thorium sous l'action des neutrons.* Note de M. **Frédéric Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude de nombreux radioéléments artificiels formés dans U et Th sous l'action des neutrons donne lieu à des difficultés d'interprétation considérables, si l'on admet que leur formation s'effectue suivant les processus connus pour les noyaux plus légers. D'abord le grand nombre des isoméries qu'il est nécessaire d'invoquer est difficile à admettre du point de vue théorique. Puis les propriétés chimiques de certains de ces radioéléments ne correspondent pas à celles des atomes voisins. En particulier, I. Curie et P. Savitch [1] ont très nettement montré qu'il se forme dans U un radioélément de propriétés chimiques semblables à celles d'une terre rare qui ne peut être confondue avec l'actinium. O. Hahn et F. Strassmann [2] ont mis en évidence des radioéléments dont les propriétés chimiques sont analogues à celle des alcalino-terreux, sans toutefois être des isotopes du radium. Ces auteurs, tout en persistant à envisager les réactions nucléaires correspondantes suivant des types de filiation dans lesquels entrent des isotopes du radium et de l'actinium, ont cependant envisagé, sans la retenir, l'éventualité d'une rupture en gros noyaux du noyau d'uranium sous l'action des neutrons.

Ayant eu l'occasion [3], au cours d'observations, par la méthode Wilson, des désintégrations individuelles d'atomes radioactifs, d'envisager un processus rare de ce genre, sans toutefois pouvoir en donner la preuve, j'ai pensé qu'il était possible, si ce phénomène existe, de le mettre en évidence par une méthode simple. Le principe de cette méthode s'appuie sur les considérations suivantes. La partition du noyau U sous l'action d'un neutron en éléments plus légers est possible énergétiquement, comme le montre la courbe des défauts de masse. La bipartition en éléments de nombres de charge voisins de 50 correspond à une libération de 100 à 150 MeV. Sans insister sur le mécanisme de la division on peut montrer théoriquement qu'elle est possible. Je suppose que le grand excès de neutrons des noyaux formés tend à devenir normal par radioactivités β successives pouvant donner des séries de filiations radioactives. Il se peut

(1) *Journ. de Phys.*, 9, 1938, p. 355.
(2) *Naturwiss.*, 27, 1939, p. 11.
(3) *Journ. de Phys.*, 5, 1934, p. 219.

cependant qu'un petit nombre de neutrons s'évapore en premier lieu. Parmi les corps formés dans ces familles on doit trouver, d'après les résultats expérimentaux, des éléments alcalino-terreux et des terres rares. On peut, par exemple, faire l'hypothèse de la bipartition de 239 U en 141 Cs et 98 Rb.

141 Cs se transformerait successivement en Ba, La, Ce, par quatre radioactivités β pour arriver au terme stable 141 Pr, tandis que 98 Rb donnerait Sr, Y, Zr, Nb, 98 Mo stable par cinq radioactivités β. On peut estimer l'ordre de grandeur de l'énergie de recul des atomes Cs et Rb (il n'y aura pas de grande différence pour une bipartition voisine), si l'on admet que ces rayons se partagent l'énergie d'explosion diminuée d'environ 30 à 40 MeV correspondant aux émissions β et γ. Les énergies cinétiques des atomes projetés seront respectivement de l'ordre de 25 à 35 MeV (charge 3e), suffisantes pour qu'une partie de ces rayons traverse une couche mince d'urane et effectue un parcours de plusieurs centimètres dans l'air. On pouvait espérer recueillir ces atomes sur un support et suivre leur évolution radioactive démontrant ainsi la réalité du processus de partition.

J'ai réalisé l'expérience de la façon suivante : on place une source de 700 *mc* (Rn + Be) à l'intérieur d'un cylindre de laiton de 20^{mm} de diamètre de 5^{cm} de hauteur, peint extérieurement d'une couche d'oxyde d'urane. A 3^{mm} de la surface d'urane on place un cylindre concentrique de bakélite. On s'assure que la bakélite ne s'active sensiblement pas sous l'action des neutrons en l'absence d'urane et qu'il en est de même en l'absence de la source de neutrons en présence d'urane. *En présence de l'urane et de la source on constate que la surface intérieure du cylindre de bakélite reçoit un mélange complexe d'atomes radioactifs dont l'évolution au cours du temps, suivie par la méthode du compteur, est analogue à celle des radioéléments artificiels formés dans l'urane.* L'effet paraffine est voisin de 2, conformément à ce qui a déjà été observé. En interposant des écrans cylindriques minces entre l'urane et la bakélite on trouve que le parcours des rayons atomiques projetés est de l'ordre de 3^{cm} dans l'air. Des activations de longue durée augmentent l'importance des périodes longues.

L'expérience montre un phénomène analogue dans le cas du Th. L'évolution de la substance projetée est complexe, on trouve un ensemble de périodes courtes et une période d'environ 4 heures. I. Curie et P. Savitch [4]

---

[4] Voir ci-contre, p. 343, la Note de Mme Irène Curie et M. Paul Savitch.

ont très récemment montré que dans le cas de Th il se forme un radioélément de période 3,5 h. dont les propriétés chimiques sont analogues à celles d'une terre rare très différente de Ac, ce qui est en accord avec le phénomène de rupture que j'ai mis en évidence. La couche d'urane de laquelle les rayons atomiques peuvent sortir est de l'ordre de 10 microns et la section efficace de production des radioéléments est trouvée de l'ordre de 10^{-25} cm^2 en accord avec la valeur connue. On peut rappeler que pour projeter des atomes de masse voisine de 100 avec une énergie cinétique voisine de 10 MeV (valeur correspondant à un parcours d'environ 3^{cm} avec une charge atomique 1 ou 2) par choc ou par recul de neutrons, il faudrait que ceux-ci possèdent une énergie cinétique de l'ordre de 250 millions de volts, ce qui élimine l'hypothèse d'un tel mécanisme de projection. Cette méthode constitue un procédé physique simple de séparation des radioéléments artificiels formés dans l'urane ou le thorium. Il est très probable que ce phénomène doit se produire avec d'autres éléments (le Pb ne donne pas ce phénomène) sous l'action des neutrons ou d'autres rayonnements, en particulier des photons et que divers types de ruptures d'un même noyau sont possibles.

En définitive l'ensemble de ces résultats montre que les radioéléments formés dans l'U et Th, que les chimistes sont obligés d'identifier avec des atomes comme ceux de Ba ou des terres rares, proviennent de ruptures très exoénergétiques des noyaux d'U et Th sous l'action des neutrons.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Sur les radioéléments formés dans l'uranium et le thorium irradiés par les neutrons*. Note de Mme **Irène Curie** et M. **Paul Savitch**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude de ces radioéléments se présente d'une manière particulièrement compliquée en raison du très grand nombre de corps obtenus. Il existe d'abord un isotope de l'uranium et un isotope du thorium formés respectivement par capture des neutrons lents dans ces deux éléments. Dans le cas de l'uranium, Hahn, Meitner et Strassmann (1) ont observé toute une série de corps de propriétés chimiques analogues à celles des corps du groupe du platine, qu'ils ont classés comme homologues supérieurs de Re, Os, Ir, Pt, avec les nombres atomiques 93, 94, 95, 96, dérivant par émission β

(1) *Ber. Chem. Gesell.*, 70, 1937, p. 1374.

successives d'isotopes à vie courte de l'uranium. Dans le cas du thorium, on a observé des radioéléments ayant respectivement les propriétés des alcalino-terreux et des terres rares, que l'on a interprétés comme isotopes du radium et de l'actinium produits par capture du neutron et départ d'une particule α, selon le schéma ([2]), ([3]), ([4])

$$^{232}_{90}\mathrm{Th} + ^{1}_{0}n = ^{229}_{88}\mathrm{Ra} + ^{4}_{2}\mathrm{He}\ ^{229}_{88}\mathrm{Ra} - \beta > ^{229}_{89}\mathrm{Ac} - \beta >.$$

Tous ces résultats rencontraient certaines difficultés d'interprétation en raison du grand nombre d'isoméries doubles ou triples que l'on était amené à admettre. Les conditions de formation des corps transuraniens sont aussi très particulières, se faisant par action des neutrons lents et des neutrons rapides à peu près également, ce qui s'expliquait difficilement.

Mais une difficulté bien plus grande s'est présentée quand nous avons prouvé ([5]) qu'il se forme dans l'uranium irradié un radioélément *ayant des propriétés chimiques tout à fait semblables à celles du lanthane et qui n'était pas un isotope de l'actinium.* Ce corps est produit par les neutrons lents et par les neutrons rapides dans les mêmes conditions anormales que les éléments transuraniens. Nous avons donc pensé que son mode de formation devait être analogue et nous avons suggéré qu'il pouvait s'agir d'un corps transuranien de propriétés tout à fait différentes; nous n'avons pu cependant offrir aucune suggestion vraiment satisfaisante sur le nombre atomique possible de ce corps.

Dans des travaux tout récents Hahn et Strassmann ont confirmé la formation dans l'uranium de radioéléments semblables aux terres rares et ils ont signalé de plus la formation de corps alcalino-terreux plus analogues au baryum qu'au radium ([6]); ils ont mentionné aussi qu'en étudiant les corps *transuraniens*, ils les ont reconnus différents des éléments Re, Os, Ir, Pt, mais n'ont pas vérifié si ces corps sont différents des homologues inférieurs Ma, Ru, Rh, Pd.

Nous avions, à un moment donné, envisagé l'idée de la rupture de l'atome d'uranium, mais nous avions rejeté cette idée en raison de l'analogie des conditions de formation du corps analogue aux terres rares que nous avions

---

([2]) I. Curie, H. v. Halban et P. Preiswerk, *J. Phys. Rad.*, 6, 1935, p. 361.

([3]) Rona et Neuninger, *Naturw.*, 24, 1936, p. 491.

([4]) L. Meitner, F. Strassmann et O. Hahn, *Z. f. Phys.*, 109, 1938, p. 538.

([5]) I. Curie et P. Savitch, *J. Phys. et Rad.*, 9, 1938, p. 355.

([6]) O. Hahn et F. Strasmann, *Naturw.*, 26, 1938, p. 755; 27, 1939, p. 11.

trouvé et des *transuraniens* de Hahn, Meitner et Strassmann. Si l'existence des transuraniens n'est pas bien établie, la question change complètement d'aspect et la formation de véritables terres rares devient beaucoup plus vraisemblable.

Dans les expériences faites par tous les auteurs sur les radioéléments formés dans le thorium, il avait été considéré comme évident que les terres rares formées étaient des isotopes de l'actinium, cette idée étant dans ce cas la plus naturelle. Nous avons voulu nous assurer si le corps découvert par l'une de nous ([2]) dans le thorium irradié, terre rare de période 3,5 h., ne serait pas identique au corps de même période dont nous avons établi la formation dans l'uranium.

Nous avons irradié du thorium purifié et séparé ce corps avec du lanthane comme entraîneur. Nous avons constaté que le coefficient d'absorption du rayonnement β est analogue à celui du radioélément que nous avions extrait de l'uranium (réduction d'intensité de 0,4 pour 0,19 g/cm² de cuivre), coefficient qui correspond à une énergie relativement élevée des rayons β. Nous avons ensuite fait subir au lanthane actif une précipitation fractionnée de l'oxalate en solution nitrique très acide, opération dans laquelle l'actinium devrait se concentrer très fortement dans la solution. Ici, au contraire, l'activité s'est divisée à peu près également entre la tête et la queue du fractionnement qui contenait des quantités à peu près égales de lanthane. La décroissance correspondait bien à la période 3,5 heures avec un petit résidu de période plus longue.

Par conséquent, le corps de période 3,5 h. formé par les neutrons dans le thorium n'est pas un isotope de l'actinium. Il est probablement identique à celui que nous avons trouvé dans l'uranium. Pour avoir une certitude, il faut néanmoins quelques expériences plus précises sur la période et le rayonnement des corps formés par les deux voies différentes.

D'autre part, Frédéric Joliot a montré d'une façon concluante que les noyaux d'uranium et de thorium éclatent réellement sous l'action des neutrons ([7]). Ces résultats expliquent très bien les nôtres. La rupture de l'atome peut donner des terres rares dans les deux cas.

Nous avons constaté qu'il se forme dans l'uranium irradié au moins trois radioéléments semblables aux terres rares qui ne se séparent pas notablement les uns des autres par une précipitation fractionnée des oxalates;

([7]) Voir ci-dessus, p. 341, la Note de M. Frédéric Joliot.

ils doivent être isotopes d'une même terre rare ou de terres rares de propriétés voisines. Nous venons d'extraire aussi un corps alcalin de période 18 minutes, précipitable par le perchlorate de soude ou l'acide tartrique avec entraîneur de potassium. Tous ces corps doivent résulter de la rupture de l'atome d'uranium, peut-être suivant plusieurs modes différents.

PHYSICOCHIMIE. — *Nature et stabilité de quelques cémentites spéciales.* Note (1) de MM. **Albert Portevin**, **Paul Bastien** et **Léon Guillet** fils, présentée par M. Léon Guillet.

Les résultats de l'étude de l'influence de divers éléments, notamment bore, cérium, cobalt, titane, sur les cémentites des fontes, nous a suggéré quelques remarques d'ordre général qu'il nous a paru intéressant de signaler.

1° *Point de Curie et nature des cémentites.* — La figure 1 indique la

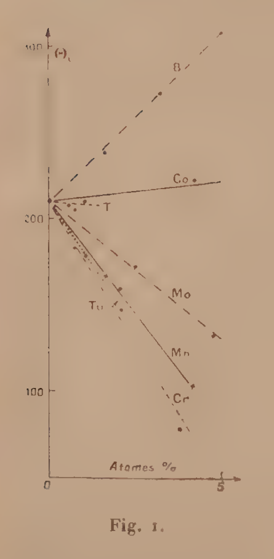


Fig. 1.

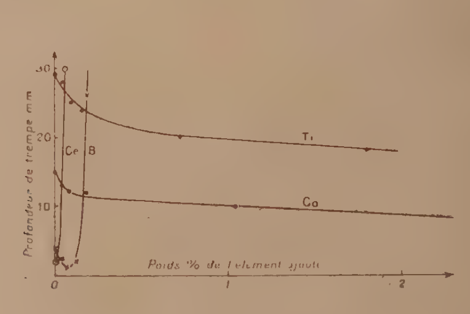


Fig. 2.

variation des points de Curie, déterminés par magnétométrie, pour les éléments ci-dessus indiqués ainsi que pour le tungstène et le molybdène;

(1) Séance du 23 janvier 1939.

nous y avons également fait figurer les résultats donnés antérieurement ([2]) pour le chrome et le manganèse.

On voit qu'il y a déplacement continu du point de Curie avec la proportion d'élément ajouté et que par suite ce dernier entre *en solution solide* dans la phase carburée formant des *cémentites spéciales* et non des phases de formule définie ou carbures doubles : ces derniers doivent être considérés comme l'extrémité ou des termes particuliers d'une série continue de solutions solides.

Dans certains cas, comme pour les cémentites au bore, on peut obtenir deux phases carburées distinctes. On constate alors deux anomalies sur la courbe; l'une correspond à une cémentite pauvre en bore qui se décompose facilement par recuit à haute température, l'autre à une cémentite riche en bore, dont le point de Curie s'élève après recuit.

2° *Stabilité des cémentites*. — Son examen revêt deux aspects principaux correspondant à deux conséquences générales :

a. pouvoir graphitisant (ou inversement pouvoir trempant) à la solidification, qui peut être repéré conventionnellement par des *éprouvettes de trempe* en notant, en fonction de la teneur en élément ajouté, la profondeur ou épaisseur de la zone blanche solidifiée dans le système métastable à cémentite;

b. pouvoir graphitisant (ou aptitude à la malléabilisation) à l'état solide qui peut se qualifier par la température de début de graphitisation ([3]) et par l'expansion permanente après cycles thermiques répétés ([4]).

Sous ces deux aspects, le phénomène dépend de multiples facteurs ([5]), aussi les résultats choisis que nous citons ci-après ne peuvent être rigoureusement comparés entre eux quoique concernant des fontes préparées avec les mêmes matières premières et fondues de la même façon au four électrique sous laitier à faible teneur en oxyde de fer (60 CaO; 35 SiO^2; 3 Al^2O^3; 2 FeO).

a. La profondeur de trempe pour quatre séries de fontes données en exemple figure 2 montre que le cérium et le bore accroissent énergiquement le pouvoir trempant pour de faibles teneurs, alors que le titane et le cobalt

---

([2]) P. Chevenard et A. Portevin, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1492.

([3]) P. Chevenard et A. Portevin, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1283.

([4]) A. Portevin et P. Bastien, *Strojnicki Obzor*, Prague, 1936.

([5]) Voir par exemple A. Portevin, *Introduction à l'Étude des traitements thermiques*.

n'agissent que relativement peu à forte dose. Cependant on note, pour ces derniers, une variation plus accentuée quand les teneurs deviennent faibles, aussi bien pour le titane élément désoxydant que pour le cobalt non réducteur; ceci semblerait aussi avoir lieu pour le cuivre d'après les résultats publiés [6].

b. Parmi les quatre éléments précédents, seul le cobalt exerce une action sensible sur la température de début de graphitisation qu'il abaisse de 60° pour 4,4 pour 100 de Co, alors qu'il ne paraît guère agir sur l'expansion après cycles thermiques répétés. Inversement, celle-ci est notablement influencée par les trois autres éléments : accrue par Ti, élément graphitisant et diminuée par B et Ce, éléments trempants.

Ceci montre que ces deux caractéristiques doivent se rattacher aux deux grandeurs différentes qui interviennent dans la graphitisation comme dans la cristallisation, l'amorçage et la propagation.

D'autre part les éléments, comme le cérium, qui s'éliminent presque totalement lors de leur addition dans la fonte liquide ont une action incomparablement plus active à la solidification que sur la graphitisation à l'état solide; ceci avait déjà été constaté [7] pour le calcium élément graphitisant à la solidification alors que le cérium est un élément trempant.

CHIMIE MINÉRALE. — *Formation d'acide bromeux dans l'action du brome sur l'azotate d'argent.* Note de Mlle **Marie-Louise Josien**.

Richard [1], en 1906, a cru préparer une solution d'acide bromeux pur, en faisant réagir du brome liquide en excès sur une solution saturée d'azotate d'argent. Clarens [2], en 1913, a démontré l'existence des bromites.

Poursuivant nos travaux sur les halogènes et les sels d'argent en solution aqueuse [3], nous avons repris l'étude de l'action du brome sur l'azotate d'argent avec l'espoir d'y caractériser l'acide bromeux.

---

(6) Voir les résultats de la *British Cast Research Association* et de la *sir W. G. Armstrong Whithworth C°* publiés dans *Copper in Cast Steel and Iron*, p. 43 et 44. Londres, 1937.

(7) A. Portevin et R. Lemoine, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1343.

(1) *Journal of Society Chemical Industry*, 25, 1906, p. 4.

(2) Thèse de Doctorat de la Faculté des Sciences de Toulouse, 1913.

(3) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 449, 988, 1324; *Annales de Chimie*, 2e série, 5, 1936, p. 147.

La méthode de Clarens permet déjà de déceler l'existence d'un composé oxygéné du brome, intermédiaire entre les acides hypobromeux et bromique. En effet, Clarens a montré que si l'on additionne d'urée une solution d'hypobromite, bromite et bromate alcalins, l'urée ne détruit que l'hypobromite. Après cette destruction, la solution présente encore un pouvoir oxydant vis-à-vis de l'anhydride arsénieux en milieu alcalin; ce pouvoir oxydant résiduel correspond au bromite. Le procédé de Clarens ne peut être utilisé sans modification pour les solutions argentiques de brome. En effet, en milieu acide, l'urée est sans action sur l'acide hypobromeux. On est donc amené à neutraliser les mélanges étudiés. Après avoir ainsi reconstitué, dans nos mélanges de brome et d'azotate d'argent, des concentrations en soude analogues à celles de Clarens, nous avons bien retrouvé, dans certaines conditions, un pouvoir oxydant résiduel correspondant à un bromite. Mais ce pouvoir oxydant, ainsi mesuré, varie pour un même mélange étudié, avec les différents essais. Cette instabilité des résultats s'explique facilement, car l'addition d'alcali, si lente soit-elle, peut modifier l'état d'équilibre des solutions étudiées. Ces difficultés nous ont conduite à utiliser une méthode indirecte pour le dosage de l'acide bromeux.

Méthode de dosage. — Les solutions étudiées sont le résultat de l'action d'un excès de brome sur l'azotate d'argent. Elles ne contiennent donc pas d'ions Ag^+ en solution. Après filtration sur coton de verre, elles sont soumises à un courant d'air qui élimine le brome libre. A ce moment, il reste dans le mélange, avec l'acide azotique provenant de la décomposition de l'azotate d'argent, les acides oxygénés du brome. Le mélange est alors dosé par les trois méthodes suivantes :

1° Le pouvoir oxydant est titré par l'anhydride arsénieux en excès additionné de bicarbonate de sodium :

$$As^2O^3 + 2\,BrOH = As^2O^5 + 2\,BrH,$$
$$As^2O^3 + BrO^2H = As^2O^5 + BrH.$$

2° Le pouvoir oxydant est mesuré par libération d'iode à partir d'iodure de potassium en excès, en milieu acide :

$$BrOH + 2\,IK + H^2O = BrH + 2\,KOH + I^2,$$
$$BrO^2H + 4\,IK + 2\,H^2O = BrH + 4\,KOH + 2\,I^2,$$
$$BrO^3H + 6\,IK + 3\,H^2O = BrH + 6\,KOH + 3\,I^2.$$

Les deux pouvoirs oxydants sont exprimés en atomes de *brome actif* par litre.

3° Après réduction complète par le sulfite de sodium, le brome total de la solution est dosé par la méthode de Mohr. Ce résultat est exprimé en ions Br^- par litre.

Le pouvoir oxydant mesuré par l'iodure de potassium en milieu acide,

déduction faite du pouvoir oxydant révélé par l'anhydride arsénieux alcalin, indique la quantité d'acide bromique contenu dans le mélange.

On est ainsi ramené à un problème à deux inconnues. S'il n'existe pas d'acide bromeux dans le mélange, on doit trouver, après réduction et déduction faite des ions Br^- provenant de l'acide bromique, une concentration en ions Br^- égale à la moitié du pouvoir oxydant sur l'anhydride arsénieux alcalin. Au contraire, si la concentration en ions Br^- est inférieure à cette moitié, on peut en déduire la présence d'acide bromeux dans le mélange et sa concentration. En effet, pour un ion Br^- obtenu après réduction, de part et d'autre, la molécule BrOH correspond à deux atomes de brome actif, tandis que la molécule de BrO^2H correspond à quatre atomes de brome actif.

Résultats. — En utilisant la technique précédente, nous avons pu mettre en évidence et doser l'acide bromeux dans un certain nombre de solutions argentiques. Voici, à titre d'exemple, les concentrations moléculaires trouvées dans une liqueur obtenue en ajoutant, à 3^{cm^3} de brome liquide, 15^{cm^3} d'une solution d'azotate d'argent normale, le mélange ayant été filtré au bout d'une demi-heure : concentrations en BrOH 0,34; en BrO^2H 0,04; en BrO^3H 0,06.

Quand la filtration et l'élimination du brome sont effectuées aussitôt après le mélange, on ne trouve ni acide bromeux, ni acide bromique. D'autre part, on ne trouve plus d'acide bromeux si le temps de contact du brome a été trop prolongé. C'est ainsi qu'un mélange qui, après filtration et élimination du brome au bout d'une heure, présentait les concentrations suivantes : en BrOH 0,383; en BrO^2H 0,023; en BrO^3H 0,043; ne présentait plus, les mêmes opérations étant faites au bout de quatre heures, que les résultats suivants : en BrOH 0,163; en BrO^2H 0,001; en BrO^3H 0,065.

Ces résultats expérimentaux permettent : 1° d'affirmer l'existence de l'acide bromeux comme terme de transition entre l'acide hypobromeux et l'acide bromique; 2° d'entrevoir, dès maintenant, sa formation comme le résultat de l'action oxydante du brome sur l'acide hypobromeux formé dans une première étape :

$$Br^2 + H^2O + NO^3Ag = BrAg + BrOH + NO^3H.$$

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur la combustion des mélanges d'hydrocarbures. Mélanges de décahydronaphtalène et de tétrahydronaphtalène.* Note de MM. **Paul Dumanois**, **Georges Retenauer** et **Marcel Prettre**, présentée par M. Émile Jouguet.

Le but des travaux dont les premiers résultats sont résumés dans la présente Note est de définir les variations de l'oxydation et de l'inflammation spontanée des mélanges d'hydrocarbures en fonction de leur composition. La méthode expérimentale a été décrite dans un précédent mémoire de l'un de nous [1]. Les deux carbures examinés ici présentent des différences très nettes d'oxydabilité en dessous ds 300° C.

Sous la pression atmosphérique, une grande partie des mélanges de décahydronaphtalène (décaline), d'oxygène et d'azote possède la propriété curieuse découverte par P. Laffitte et deux d'entre nous [2] pour les mélanges d'air et de vapeur de pentane. Ces mélanges s'enflamment spontanément dans deux domaines de températures, dont l'un est limité à quelques dizaines de degrés et généralement compris entre 250 et 300°, alors que l'autre s'étend à toutes les températures supérieures à 500° environ. Vers 300° l'oxydation est fortement ralentie par une élévation de température. Le domaine de concentrations où la première inflammation est possible a été déterminé : il est limité extérieurement par la courbe 1 dans le diagramme triangulaire de la figure ci-après.

Par contre, sous la même pression, les mélanges de tétrahydronaphtalène (tétraline) et d'oxygène pur sont incapables de s'enflammer avant 500°. On observe cependant dès 100 ou 150° une oxydation lente qu'une élévation de température interrompt vers 200°. Ce n'est qu'au delà de 300° que l'on décèle à nouveau une réaction lente qui conduit à l'inflammation vers 500°.

Ces résultats montrent que les deux carbures examinés s'oxydent selon deux mécanismes distincts suivant que la température est inférieure ou supérieure à 300°. Mais le premier de ces mécanismes ne provoque l'inflammation que pour la décaline.

Les recherches ont été ensuite étendues au système oxygène-azote-décaline-tétraline. Même ceux de ces mélanges qui contiennent neuf fois plus de tétraline que de décaline s'enflamment en dessous de 300° dans un domaine assez vaste de concentrations. Les températures minima et maxima de cette première inflammation sont sensiblement indépendantes

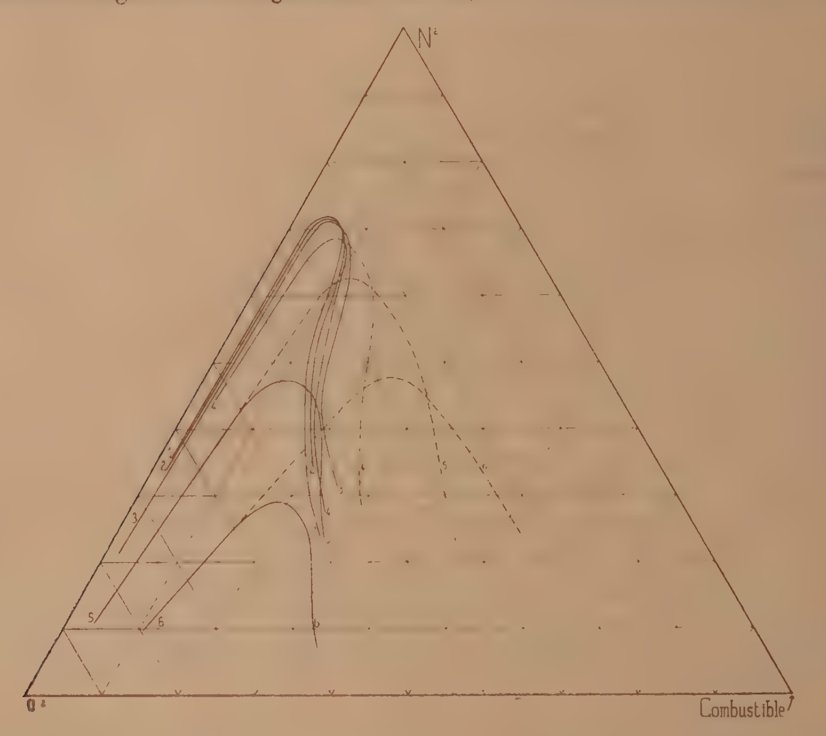
---

(1) M. Prettre, *Annales des Combustibles liquides*, 6, 1931, p. 292.

(2) M. Prettre, P. Dumanois et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 329.

de la composition du combustible. Les concentrations limites d'inflammation ont été déterminées pour divers *combustibles mixtes* dont la fraction molaire en décaline a les valeurs : 0,90, 0,75, 0,50 0,25 et 0,10; elles sont représentées par les courbes 2 à 6 de la figure.

Sur cette figure ont été également tracées, en traits interrompus, quelques



courbes limites de concentrations calculées à l'aide de la courbe 1, dans l'hypothèse où la tétraline ne participerait pas aux réactions d'inflammation et n'influerait pas sur les limites. On voit que, pour chaque combustible mixte examiné, une partie des courbes expérimentales coïncide avec une partie des courbes calculées correspondantes. Cette concordance s'observe pour les plus faibles concentrations en combustibles qui permettent la réaction explosive (branches de gauche des courbes 2 à 6). Au contraire les concentrations les plus élevées en combustibles pour lesquelles la flamme peut encore apparaître sont très inférieures aux concentrations calculées (branches de droite) et elles sont situées très près les unes des autres pour une même teneur en oxygène. La concentration minimum en oxygène

permettant l'inflammation est pratiquement constante ($0^{atm},23$) quand la fraction molaire de la décaline passe de 1,0 à 0,50, pour augmenter rapidement ensuite.

Ces résultats prouvent que les mélanges les plus pauvres en combustibles ne peuvent s'enflammer en dessous de 300° que s'ils contiennent une quantité donnée de décaline et qu'ils sont indifférents à la présence de la tétraline qui n'agit donc pas alors sur l'inflammabilité. A la limite inférieure, une inflammation devient possible quand un nombre suffisant de chaînes prennent naissance dans le mélange réactionnel en un temps donné. *L'absence d'influence du tétrahydronaphtalène sur cette limite prouve que seul le décahydronaphtalène est responsable de la réaction initiale des chaînes qui provoquent l'explosion.*

Par contre la concentration en combustible limite supérieure de l'inflammation en dessous de 300° varie très peu avec la composition du combustible. Cette limite résulte du fait que la propagation des chaînes est gênée par le défaut de comburant. Si la décaline propageait seule ces chaînes, la limite supérieure d'inflammation ne dépendrait que de la concentration de ce seul carbure. Au contraire, si les deux combustibles participent à la propagation des chaînes, la limite supérieure ne doit être que peu influencée par la composition du combustible mixte. C'est ce qui a été observé, donc *le tétrahydronaphtalène participe à la propagation des chaînes auxquelles le décahydronaphtalène seul donne naissance.*

EFFET RAMAN ET CHIMIE. — *La fréquence éthylénique dans les éthers vinyliques.* Note de M. **Albert Kirrmann**, transmise par M. Robert Lespieau.

On sait que la fréquence caractéristique de l'éthylène, qui vaut 1620 cm^{-1}, est augmentée par la majorité des substituants, abaissée par les halogènes. Bourguel (1) a supposé que le sens de cette variation pouvait être lié à la polarité du substituant. On devait alors penser que des groupements oxygénés (acétoxy et éthoxy), liés directement par l'oxygène, auraient un effet de même sens que les halogènes. Il fallait donc étudier des éthers-sels, tels que l'acétate de vinyle, et des éthers-oxydes vinyliques.

---

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 53, 1933, p. 495.

J'ai décrit précédemment le spectre de l'acétate de vinyle [2]

$$CH^2 = CH - O - COCH^3.$$

Sa fréquence caractéristique est 1648, donc l'effet du groupe acétoxy est pratiquement le même que celui d'un radical hydrocarboné.

J'ai préparé maintenant trois éthers-oxydes, l'éthoxy-éthylène

$$CH^2 = CH - O - C^2H^5 \text{ (I)},$$

et ses deux homologues directs, les éthoxy-1 et éthoxy-2 propylènes

$$CH^3 - CH = CH - O - C^2H^5 \text{ (II)}$$

et

$$CH^2 = CH(O - C^2H^5) - CH^3 \text{ (III)}.$$

Tous ont été obtenus par action de l'anhydride phosphorique sur les acétals correspondants [3]. Voici leurs constantes :

	Eb.	d^{19}.	n^{19}.	R. M.	Calc.
I............	35°,5 à 36°	0,7552	1,3772	21,94	21,86
II............	63°	0,778	1,391	26,26	26,47
III............	58°	0,774	1,388	26,22	26,47

L'éthoxyéthylène I a conduit à un résultat surprenant : il présente deux raies dans la région éthylénique, 1611 et 1635. Il ne semble pas que l'on connaisse un autre exemple de composé éthylénique à structure univoque qui présente plus d'une raie. Or on ne peut guère envisager plusieurs isomères pour une molécule aussi simple. Une vérification était pourtant nécessaire. J'ai donc préparé le même corps par action du sodium sur le monobromacétal [4]. Densité, indice et spectre sont exactement les mêmes, ce qui élimine l'hypothèse d'une impureté accidentelle.

L'homologue II possède une raie unique à 1666. Si l'on défalque de ce nombre l'effet moyen d'un groupe méthyle, qui vaut 28, on obtient 1638, c'est-à-dire un nombre pratiquement identique à 1635. Nous pouvons donc admettre que 1635 est la fréquence *normale* de l'éther I. Le décalage produit par le groupe éthoxy est donc positif comme pour le groupe acétoxy, bien que plus faible. L'hypothèse d'un effet de polarité n'est donc pas vérifiée.

---

(2) KIRRMANN, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 915.
(3) CLAISEN, *Ber. d. Chem. Ges.*, 31, 1898, p. 1021.
(4) FREUNDLER, *Bull. Soc. Chim.*, 1, 1907, p. 73.

L'homologue III présente une structure dissymétrique. Il n'est ainsi pas justiciable de la règle d'additivité, comme je l'ai montré ([5]). Mais on peut supposer, d'après ce qui précède, que sa fréquence se trouve abaissée par rapport à celle de son isomère II, comme c'est le cas pour les carbures, et non pas augmentée, comme pour les halogénures. L'expérience donne 1654, ce qui éloigne effectivement le groupe éthoxy des halogènes.

L'ensemble de ces résultats est concordant pour les 4 composés étudiés. Il reste cependant à interpréter la raie 1611 de l'éthoxyéthylène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'éthérate de bromure de magnésium sur le diméthyl-1.4 époxy-1.2 cyclohexane.* Note de Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Auguste Béhal.

Au cours de recherches antérieures concernant l'action des éthérates d'halogénures de magnésium sur les époxydes ([1]), il a été constaté que le méthyl-1 époxy-1.2 cyclohexane donne à froid avec Br^2Mg un mélange de deux bromhydrines isomères qui diffèrent par la position de la fonction alcool; celle-ci est secondaire dans l'une, alors que le brome est tertiaire et très instable (I); elle est tertiaire dans l'autre, mais le brome y est secondaire et relativement stable (II).

$C(Br)—CH^3$ / CHOH (I). — $C(OH)CH^3$ / CHBr (II).

A chaud ces deux bromhydrines, ou plutôt leurs halogénomagnésiates, perdent Br^2Mg avec formation d'un aldéhyde, le méthyl-1 cyclopentylformaldéhyde, et de deux cétones, l'acétyl-cyclopentane et la méthylcyclohexanone. Tandis que l'aldéhyde provient indubitablement de la première bromhydrine (I) par transposition semihydrobenzoïnique, l'acétylcyclopentane provient de la seconde (II) par transposition semipinacolique. Quant à la méthyl-1 cyclohexanone-2, elle peut provenir soit de la première par migration d'hydrogène (déshalogénation vinylique), soit de la seconde par transposition semipinacolique et migration d'un méthyle. Pour

---

([5]) Kirrmann, *Journ. de Phys.*, 9, 1938, p. 48 S. Un exposé complet paraîtra dans un autre Recueil.

([1]) M. Tiffeneau et B. Tchoubar, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 918.

décider si ces deux mécanismes interviennent, il y avait lieu d'étudier les bromhydrines obtenues à partir d'un époxyde homologue tel que celui méthylé en 4, le diméthyl-1.4 époxy-1.2 cyclohexane.

Cet époxyde, soumis à l'action de l'éthérate de Br^2Mg, fournit bien, comme son homologue, les deux bromhydrines isomères dont la fonction alcool est secondaire dans l'une, (B), et tertiaire dans l'autre, (A) (²). Cette dernière, plus stable, a pu être isolée ($Éb_{17}$, 109-111°; dinitrobenzoate, F. 134-135°). J'ai donc pu soumettre séparément à la déshalogénation, soit la bromhydrine (A) pure, soit le mélange des deux bromhydrines (A) et (B). Théoriquement, comme le montrent les schémas ci-après, la déshalogénation magnésienne de ces deux bromhydrines (A) et (B) doit conduire à quatre produits distincts, à savoir : deux pour la première, (A_1) et (A_2), et deux pour la seconde, (B_1) et (B_2),

CH^3 CH^2 CH^3 — CH⟨ (A) ⟩CO MgBr — CH Br — $-Br^2Mg$ → (A_1) : CH^3 CH^2 — CH⟨ (A_1) — CH—CO—CH^3 ; (A_2) : CH^3 CH^2 — CH⟨ (A_2) ⟩CO — CH—CH^3

Transposition semipinacolique avec migration possible du CH^2 (A_1) et du CH^3 (A_2). Seul CH^2 émigre : formation exclusive de (A_1).

CH^3 CH^3 — CH⟨ (B) ⟩C Br — CH^2 CH O MgBr — $-Br^2Mg$ → (B_1) : CH^3 CH^3 — CH⟨ (B_1) ⟩CH — CH^2 CO ; (B_2) : CH^3 CH^3 — CH⟨ (B_2) ⟩C—CHO — CH^2

Migration possible de H (B_1) et de CH^2 (B_2). Les deux migrations ont lieu avec formation de (B_1) sans transposition, et de (B_2) avec transposition semihydrobenzoïnique.

Or, conformément aux faits déjà connus (³), la déshalogénation de la transbromhydrine A ne m'a fourni qu'un unique produit, le méthyl-3 acétyl-1 cyclopentane (A_1) déjà décrit et résultant d'une transposition semipinacolique avec raccourcissement de cycle, tandis qu'avec le mélange des deux bromhydrines, j'ai obtenu les trois produits A_1, B_1 et B_2.

(²) Toutes deux sont des *trans* car, aussi bien la bromhydrine (A) que le mélange des deux bromhydrines (A) et (B), régénèrent par la soude l'époxyde initial, ce qui, d'après Bartlett et Rosenwald (*Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1990), est caractéristique des halohydrines *trans*.

(³) M. Tiffeneau et B. Tchoubar, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 360.

Il s'ensuit que la bromhydrine (B), dans sa déshalogénation magnésienne, fournit les deux produits B_1 et B_2 résultant l'un (B_1) d'une simple migration d'hydrogène, l'autre (B_2) d'une migration du CH^2 voisin avec raccourcissement de cycle (transposition semihydrobenzoïnique) et formation de diméthyl-1-3 cyclopentylformaldéhyde dont l'acide correspondant fournit un amide fusible à 88°.

On peut donc conclure que, dans la réaction exposée au début de cette Note, la méthyl-1 cyclohexanone-2 provient uniquement de la bromhydrine 1 dont la déshalogénation magnésienne comporte une double migration H : avec formation de méthylcyclohexanone et CH_2 avec formation de méthyl-1 cyclopentylformaldéhyde.

Conclusions. — La fixation à froid de Br^2Mg à l'état d'éthérate sur le diméthyl-1-4 époxy-1-2 cyclohexane fournit les deux *trans*-bromhydrines prévues. L'une, dont l'hydroxyle est tertiaire, est stable ; elle fournit par déshalogénation magnésienne à chaud, le méthyl-3 acétyl-1 cyclopentane (transposition semipinacolique); l'autre, dont l'hydroxyle est secondaire, n'a pas pu être isolée ; elle fournit par la même déshalogénation un mélange de diméthyl-1-4 cyclohexanone-2 (par migration de H) et de diméthyl-1-3 cyclopentylformaldéhyde (par migration de CH^2, c'est-à-dire par transposition semihydrobenzoïnique).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dosage de l'hydroxyle phénolique et naphtolique au moyen de l'anhydride benzoïque.* Note de M. **Alfred Leman**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de nos recherches sur la réactivité de l'hydroxyle naphtolique, nous avions constaté la facilité de formation des dérivés acétylés dans l'action de l'anhydride acétique, en milieu pyridinique, et nous en avions tiré une méthode de dosage ([1]). Par la suite, en étudiant l'action de l'anhydride benzoïque, toujours en milieu pyridinique, nous avons été amené à mettre au point une nouvelle méthode de dosage de l'hydroxyle, dans les naphtols α et β, et dans les dihydroxynaphtalènes 1.5, 1.7 et 2.7 ([2]), méthode beaucoup plus précise que celle par acétylation pyridinique. Les taux de benzoylation obtenus sont de 100 pour 100, à 1/200 près; ils correspondent par conséquent au maximum de précision qu'on peut atteindre dans les dosages par volumétrie.

Nous nous sommes alors demandé si cette méthode était applicable, avec

---

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 579-581.

([2]) *Ann. de Chimie*, 11e série, 9, 1938, p. 409-415.

autant de succès, au dosage des différents monophénols et dihydroxybenzènes.

Voici *le mode opératoire* que nous utilisons : dans un ballon à saponification, nous ajoutons à une prise d'essai du phénol (1/100 mol.) ou du dihydroxybenzène (1/200 mol.) 10^{cm^3} de mélange benzoylant contenant, pour 100^{cm^3} de pyridine, 100^{g} d'anhydride benzoïque, et nous laissons réagir à 100° pendant une heure. L'excès d'anhydride sur la quantité exigée par la théorie pour une benzoylation complète est d'environ 125 pour 100.

Pour tous les phénols mis en œuvre, *la réaction* se poursuit normalement, sans coloration des solutions. Il faut toutefois remarquer que, dans le cas de l'hydroquinone, le dérivé benzoylé commence à se déposer après 15 minutes environ; aussi agite-t-on fréquemment en vue d'assurer le mélange intime des corps en réaction.

Afin de *décomposer l'excès d'anhydride benzoïque*, une fois la réaction terminée, nous ajoutons 50^{cm^3} d'eau et portons de nouveau à 100°, pendant une heure. Nous transvasons ensuite et, après avoir lavé le ballon avec 15^{cm^3} d'alcool, nous dosons par KOH N/1, en présence de phtaléine, l'acide benzoïque formé.

Le *dosage de l'acide benzoïque* dans ces solutions, en présence des dérivés benzoylés, s'est effectué sans difficulté. Les liqueurs, sensiblement incolores, virent très nettement au rose à la neutralisation. Dans le cas de la pyrocatéchine, la solution jaunit assez fortement vers la fin du dosage, sans pourtant que cette coloration gêne l'observation du virage.

Dans tous les cas, nous contrôlons le virage de la liqueur par un *virage à la touche*, sur papier à la phtaléine, en observant la coloration fortement rosée, persistant plus de 50 secondes, même 15 minutes après la fin du dosage : ce virage à la touche nécessite une addition supplémentaire de $0^{cm^3},25$ de la solution normale de KOH.

Finalement, la liqueur étant débarrassée du benzoate, soit par filtration, soit par décantation, nous vérifions l'exactitude du dosage en ajoutant 10^{cm^3} de SO^4H^2 N/1, puis *dosant en retour* par KOH.

Nous indiquons ici les *taux de benzoylation*, calculés par comparaison avec un essai à blanc, effectué dans les mêmes conditions.

Phénol.	*o*-Crésol.	*m*-Crésol.	*p*-Crésol.	*p*-Xylénol.	Thymol.	Carvacrol.
100,5	100,6	100,2	101,4	99,4	100,1	100,3
99,7	100,2	99,5	100,7	98,1	101,0	99,9

Diphénols...	Pyrocatéchine.	Résorcine.	Hydroquinone.	β-Naphtol.
	100,1	100,5	100,5	100,3
	101,5	99,8	99,6	99,7

De nos résultats il ressort que la *benzoylation* de l'hydroxyle phénolique est *pratiquement complète* dans les conditions déterminées plus haut; le taux de benzoylation est de 100 pour 100, à moins de 1 pour 100 près dans la plupart des cas, et à moins de 2 pour 100 près pour le *p*-crésol, le *p*-xylénol et la pyrocatéchine.

Signalons enfin que les benzoates sont obtenus presque purs d'emblée. Ceux qui sont solides à température ordinaire sont bien cristallisés, incolores, et fondent, à 1 ou 2° près, aux points indiqués dans la littérature.

Conclusions. — Comme dans le cas des naphtols α et β et des dihydroxynaphtalènes 1.5, 1.7, 2.7, la benzoylation des monophénols et des dihydroxybenzènes est complète, à 100°, par action d'un mélange d'anhydride benzoïque et de pyridine, riche en anhydride, agissant pendant une heure.

Cette réaction peut être utilisée, soit pour le dosage précis de l'hydroxyle phénolique ou naphtolique, soit pour la préparation facile des dérivés benzoylés purs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Application du nickel de Raney à l'hydrogénation de quelques acides à noyau furanique.* Note [1] de MM. **Raymond Paul** et **Guy Hilly**, transmise par M. Robert Lespieau.

L'hydrogénation catalytique du noyau furanique ne se borne pas, en général, à la saturation des doubles liaisons

$$\underbrace{CH{=}CH{-}CH{=}C}_{O}{-}R \xrightarrow{2H^2} \underbrace{CH^2{-}CH^2{-}CH^2{-}CH}_{O}{-}R.$$

A côté du dérivé tétrahydrofuranique il se forme fréquemment, en effet, des alcools et même des carbures provenant de la fixation de trois à quatre molécules d'hydrogène

$$\underbrace{CH{=}CH{-}CH{=}C}_{O}{-}R \begin{cases} \xrightarrow{3H^2} HO{-}(CH^2)^4{-}R \quad \text{et} \quad CH^3{-}(CH^2)^2{-}CHOH{-}R, \\ \xrightarrow{4H^2} CH^3{-}(CH^2)^3{-}R. \end{cases}$$

(1) Séance du 23 janvier 1939.

Cette *hydrogénolyse* du noyau est inévitable et devient parfois la réaction principale lorsqu'on utilise comme catalyseur l'oxyde de platine, le noir de platine, le nickel de Sabatier et Senderens ou le chromite de cuivre. Dans le cas des furylalcanes et des furylalcoylcarbinols, on a établi récemment qu'elle pouvait être pratiquement supprimée, en employant le nickel de Raney à température peu élevée (80-100°). Les dérivés tétrahydrofuraniques correspondants sont alors obtenus avec de très bons rendements [2].

Nous avons voulu voir si l'usage de ce catalyseur était encore aussi avantageux pour l'hydrogénation des composés furaniques à fonction acide, dont certains, en effet, comme le pyromucate d'éthyle ou la pyromucamide [3], se sont montrés particulièrement difficiles à hydrogéner en présence de platine. Les différents essais que nous avons effectués sont résumés dans le tableau suivant :

Substance.	Masse.	Pression.	Temp.	Durée.	H^2 fixé.	Rdt. en produit isolé.
	g	kg	°	min	%	%
Acide pyromucique	15	50	110	48	95	89
Pyromucate d'éthyle	14	84	100	22	100	93,5
Pyromucamide	11	67	100	56	100	100
Acide furfuracrylique	13,8	70	100	58	98	64
Furfuracrylate d'éthyle	19	75	100	80	97	86
Acide furfurylidène.malonique	9,1	81	110	93	87	80
Furfurylidène.malonate d'éthyle	18	87	110	41	100	93
Furfurylidène.acétylacétate d'éthyle	16	76	100	48	91	89

Les acides ont été hydrogénés après dissolution dans la quantité calculée d'hydroxyde de sodium; la pyromucamide en solution dans son poids d'acétate d'éthyle; tous les autres composés sans solvants.

Voici d'autre part les constantes des produits tétrahydrofurfuraniques correspondants :

Substance.	Eb.	D^t_{15}.	N_D.	R. M. th.	R. M. tr.
Acide tétrahydropyromucique	128-129°/13mm	$1,218_{16°}$	$1,4616_{16°}$	26,27	26,15
Tétrahydropyromucate d'éthyle	80°/11mm	$1,069_{10°}$	$1,4392_{10°}$	35,63	35,44
Acide tétrahydrofurfurylpropionique	156-157°/15mm	$1,126_{12°}$	$1,4636_{12°}$	35,51	35,26
Tétrahydrofurfurylpropionate d'éthyle	110°/15mm	$1,024_{7°}$	$1,4443_{7°}$	44,87	44,64
Tétrahydrofurfurylmalonate d'éthyle	166-167°/17mm	$1,089_{11°}$	$1,4485_{11°}$	60,38	60,16
Tétrahydrofurfuryl.2-butanol.3-oate d'éthyle.	152-153°/10mm	$1,077_{7°}$	$1,4649_{7°}$	55,63	55,43
Tétrahydropyromucamide		P. F. 78-79°			

(2) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 846; 5e série, 5, 1938, p. 1053.

(3) Karyone, *Journ. of the Pharmac. Soc. of Japan*, 515, 1925, p. 1-22.

Le nickel de Raney convient donc parfaitement à l'hydrogénation des acides furaniques, à condition toutefois que le carboxyle soit bloqué (sel, ester ou amide); à 100° la réaction est rapide et ne conduit pratiquement qu'au dérivé tétrahydrofuranique.

L'hydrogénolyse du noyau n'a pu être mise en évidence que dans le cas de l'acide furfuracrylique : il se forme en effet une petite quantité (Rdt. 10 %) de propylbutyrolactone

$$C^3H^7-CH-CH^2-CH^2-CO, \quad (\text{CH et CO liés par } O)$$

qui a été caractérisée par ses constantes (Éb$_9$ 104-105°, D^7_{15} 1,009, N^7_D 1,4451), ainsi que par sa transformation en hydrazinolactone ([4]) fusible à 38° ([5]).

Ces résultats, rapprochés de ceux qui ont été obtenus antérieurement permettent de considérer le nickel de Raney comme le meilleur catalyseur dont on dispose à l'heure actuelle pour l'hydrogénation des doubles liaisons du noyau furanique.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Sur la transformation renversable dans les alliages cuivre-aluminium entre 7 pour 100 et 16 pour 100 d'Al.* Note de M. **André Boutillier**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'étude dilatométrique des alliages cuivre-aluminium ([1]) met en évidence l'existence d'une transformation renversable du constituant de trempe se traduisant par des anomalies dilatométriques irrégulières qui se rattachent à deux types : type 1, expansion au refroidissement, contraction à la chauffe, obtenu avec les alliages de composition voisine de 12 pour 100 d'Al. quand le constituant de trempe a été refroidi à grande vitesse; type 2, de signe contraire, obtenu pour les vitesses de refroidissement modérées.

L'étude des anomalies thermiques, des anomalies de résistivité et des radiogrammes de diffraction du rayonnement X, permet de vérifier la régularité du phénomène et de préciser sa nature.

([4]) Blaise et Lutringer, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 35, 1903, p. 1095.
([5]) Bagard, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 1, 1907, p. 316.

([1]) A. Boutillier, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 498.

Quel que soit le type d'anomalie dilatométrique, la transformation renversable se traduit par des anomalies thermiques et de résistivité de signe défini et de grandeur paraissant constante.

La transformation se fait avec absorption de chaleur à la chauffe et dégagement de chaleur au refroidissement. L'anomalie thermique à la deuxième chauffe est décalée de 50° à 60° vers les basses températures comme l'anomalie dilatométrique.

Les courbes représentant la résistivité en fonction de la température font apparaître deux anomalies inverses, dont la correspondance avec les anomalies dilatométriques est évidente. La transformation à la chauffe abaisse la résistivité de 15 pour 100 environ, la transformation au refroidissement l'augmente. On retrouve à la deuxième chauffe le déplacement de la transformation dans l'échelle des températures.

D'autre part la transformation entraîne une variation de la densité [1].

On serait donc en présence d'un phénomène défini de changement d'état. L'étude aux rayons X le confirme en montrant l'existence d'une modification réversible de structure cristalline corrélative de la transformation renversable. De plus cette modification se fait de façon telle que l'individualité, l'orientation, la forme des éléments cristallins paraissent entièrement respectées par deux transformations inverses. Du moins on constate que les radiogrammes de diffraction fournis par une lamelle avant et après ces deux tranformations sont superposables ainsi que les micrographies prises au même point.

L'allure à grains cristallins assez développés de ces alliages (ne permettant pas toutefois l'étude d'un cristal unique) laisse penser que l'irrégularité avec laquelle cette transformation se traduit au dilatomètre est due à l'anisotropie cristalline, dont un nombre de grains trop faible ou leur orientation systématique ne permet pas la compensation, et à l'hétérogénéité thermique de l'éprouvette au cours de la première transformation renversable au refroidissement.

A l'appui de cette hypothèse, l'expérience apporte les faits suivants :

1° Si l'on découpe en cubes une éprouvette de longueur normale mais de section carrée, préalablement traitée, on peut en superposant ces cubes convenablement orientés étudier l'anomalie suivant les trois directions d'arêtes. On constate des différences de grandeur et même de signe. Il arrive qu'à une importante anomalie de type 1 dans la direction de l'éprouvette correspond une anomalie de type 2 dans l'une des directions perpendiculaires.

2° Sur ces cubes, traités comme une éprouvette et étudiés individuellement, on constate aussi une anisotropie de dilatation.

3° Pour une éprouvette normale, étudiée dans le sens longitudinal, l'amplitude des anomalies du type 1 (contraction à la chauffe) croît quand diminue le nombre de grains dont l'éprouvette était formée à l'état de solution β, quand la longueur et la régularité d'orientation des aiguilles du constituant de trempe augmentent.

4° Le perçage d'une éprouvette suivant son axe augmente la vitesse critique de refroidissement (vitesse correspondant au passage du type 1 au type 2).

5° Au changement de type d'anomalie correspond un changement d'aspect micrographique, le constituant de trempe se présentant en longues aiguilles parallèles à deux ou trois directions principales quand l'anomalie est de type 1, en aiguilles courtes paraissant parallèles aux mêmes directions dans l'autre cas.

Pour les alliages dont la composition s'écarte de celle de l'eutectoïde, ce changement coïncide avec l'apparition de petits cristaux de solution α ou de solution δ au sein du constituant de trempe. Aussi les alliages trop riches ou trop pauvres en Al ne donnent-ils que des anomalies de type 2.

6° L'éprouvette est le siège de tensions importantes, en particulier quand l'anomalie est de type 1. Ces tensions se manifestent par des déformations permanentes et par une augmentation caractéristique de l'anomalie de plasticité qui accompagne la transformation de l'eutectoïde en solution β au cours d'une chauffe ultérieure.

Ces résultats conduisent à considérer l'anomalie dilatométrique correspondant à la transformation renversable comme résultant de la superposition d'une anomalie régulière de changement d'état (de type 2) et d'une anomalie variable due à des facteurs nombreux et non indépendants (forme et dimensions de l'éprouvette, dimensions, orientation des cristaux de solution β, hétérogénéité thermique, contraintes), qui déterminent au cours de la première transformation Tr la texture du constituant de trempe à froid et le comportement dilatométrique de l'éprouvette. Ces facteurs n'interviennent plus ensuite d'une façon appréciable au cours des transformations ultérieures Tc ou Tr. Ils sont assez nombreux pour que deux éprouvettes ne soient jamais identiques.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Dilatation et polymorphisme dans les acides gras.* Note [1] de M. **F. Dupré la Tour**, présentée par M. Maurice de Broglie.

On sait que les acides gras saturés, et particulièrement les diacides à nombre pair d'atomes de carbone, présentent, suivant le paramètre $a \sin \beta$, un coefficient de dilatation anormalement élevé [2]. Le paramètre étudié correspond, dans le plan de symétrie du cristal monoclinique, à la distance entre deux molécules voisines, comptée perpendiculairement aux chaînes d'atomes de carbone.

J'ai repris l'étude aux rayons X de ce coefficient pour les diacides *impairs* et les monoacides *pairs*, qui présentent le phénomène de polymorphisme. Ces mesures ont confirmé, pour les composés étudiés, les valeurs considérables du coefficient de dilatation relatif au paramètre $a \sin \beta$. Elles ont encore mis en évidence une *variation brusque de ce coefficient* lorsqu'un échantillon donné, porté à différentes températures, franchit, *sans changer de forme cristalline,* le point de transformation [3].

Il est possible, en effet, dans plusieurs cas, de maintenir une forme donnée à l'état métastable, dans un domaine de température différent du domaine de stabilité véritable. Lorsqu'une même forme passe ainsi du domaine de température où elle est métastable au domaine où elle est stable, ou inversement, la courbe de dilatation présente un coude nettement marqué. Par contre, dans un même domaine de température, on ne constate pas de variation graduelle du coefficient : la courbe de dilatation est une droite, aux erreurs d'expérience près. Pour les diacides *pairs*, nous avions trouvé un coefficient constant jusqu'au voisinage immédiat du point de fusion.

Le diagramme présenté met en évidence ce phénomène. Il est relatif à la forme β de l'acide pimélique $HOOC-(CH^2)^5-COOH$.

---

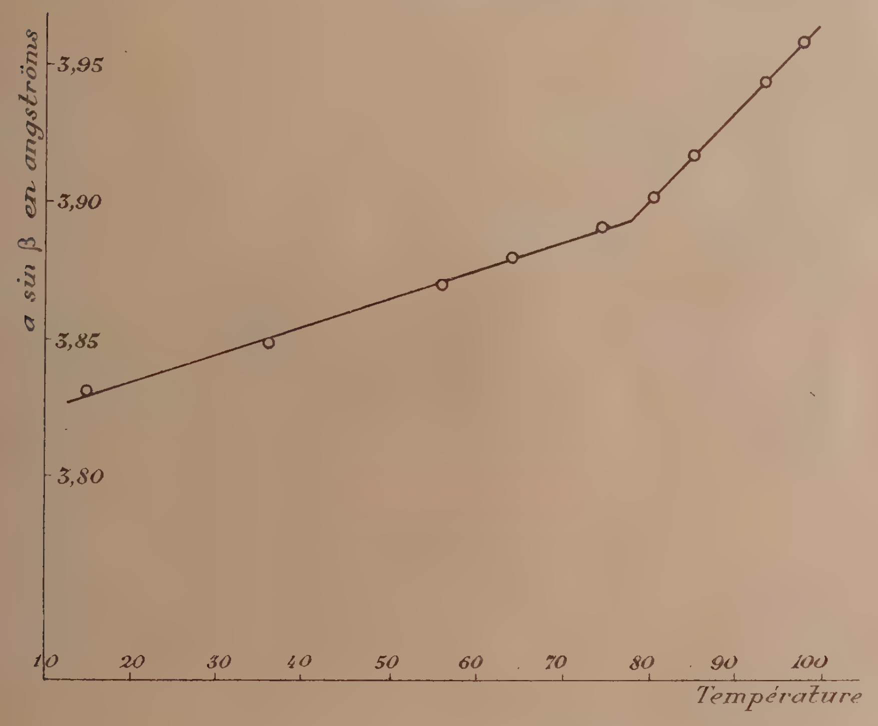
(1) Séance du 23 janvier 1939.

(2) F. Dupré la Tour et A. Riedberger, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 215; F. Dupré la Tour, *Le polymorphisme des acides gras*, Paris, 1936.

(3) Comme nous l'avons indiqué à propos des diacides *pairs*, la valeur de $\sin \beta$ change peu avec la température, ainsi que le prouve la faible valeur du coefficient de dilatation du paramètre $c \sin \beta$. La dilatation considérée est donc principalement relative à l'axe a ou [100].

Le coefficient de dilatation passe brusquement de la valeur 26.10^{-5} [4] à une valeur triple 78.10^{-5}, à une température voisine de 77°; or le point de transformation de la forme α en β est 74-75°.

Pour le diacide en C^{11}, le coefficient de dilatation relatif à la forme α



Dilatation de $a \sin \beta$ (forme β de l'acide pimélique).

passe de la valeur 17.10^{-5} à 51.10^{-5}, vers 90° : or le point de transformation de β en α est 91°.

Le même phénomène se retrouve pour les monoacides, relativement au même paramètre. L'acide palmitique α possède deux coefficients de dilatation : 60.10^{-5} au-dessous de 45° environ et 110.10^{-5} au-dessus. Or le point de transformation est 48° : au-dessous, la forme α est métastable ; au-dessus, elle est stable. Notons seulement que, pour les monoacides, la variation de

---

(4) Les nombres correspondants aux coefficients de dilatation sont exacts à 10 ou 15 pour 100 près en général.

l'angle β avec la température, révélée par la dilatation de $c \sin \beta$, est plus importante que pour les diacides.

Ainsi, une variation brusque du coefficient de dilatation existe pour la forme α et pour la forme β des diacides à nombre impair d'atomes de carbone, et pour la forme α des monoacides pairs : tous ces acides sont polymorphes. Au contraire, pour les diacides pairs qui ne présentent pas de polymorphisme, la courbe de dilatation est une droite, jusqu'au voisinage immédiat du point de fusion. Remarquons d'ailleurs que la valeur moyenne du paramètre étudié varie dans de grandes proportions, de la forme β à la forme α des diacides (du simple au double). La disposition des molécules dans la maille élémentaire est également différente. Le phénomène n'est donc pas en relation avec un équilibre singulier entre les atomes du cristal.

Il est donc possible de mettre en évidence, par l'étude thermique *d'une seule forme cristalline*, l'existence d'un polymorphisme, et de déterminer approximativement les températures de transformation. Des essais sont en cours pour rechercher si d'autres propriétés thermiques varient également avec l'état de stabilité ou de métastabilité d'une variété cristalline, et pour tirer de cette étude les conséquences qu'elle comporte au point de vue thermodynamique.

GÉOLOGIE. — *La falaise éboulée d'Ivry-sur-Seine* (*Seine*). Note de M. **Robert Soyer**, transmise par M. Charles Jacob.

Un mode d'érosion intéressant vient d'être mis en évidence à Ivry-sur-Seine par les travaux de la ligne n° 7 du Métropolitain.

Le territoire de cette commune comprend deux parties bien distinctes :

1° Une région tabulaire élevée, de 50 à 65^m d'altitude, à substratum lutétien recouvert par des alluvions de la terrasse de 20-30^m et des limons de plateaux remaniés.

2° Une plaine basse, où les alluvions de la terrasse de 10-15^m reposent sur le Sparnacien.

Un escarpement, formant une sorte de falaise et constitué essentiellement par le Lutétien, sépare nettement les deux régions.

Le sous-sol profond ne révèle aucun accident tectonique : la Craie, située à + 22^m au Sud-Ouest d'Ivry, s'abaisse à + 8^m au Nord-Est, en bordure de la Seine, avec une pente faible de 7 pour 1000. Des lambeaux de Post-crétacé (Montien ?) ont été rencontrés dans les forages; le Sparnacien est érodé sous la plaine alluviale; et, dans le forage de la route stratégique, où il est en place sous le Lutétien inférieur, son épaisseur atteint 24^m,73 [1].

---

[1] P. Lemoine, R. Humery, R. Soyer, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1633-1636.

Le calcaire grossier, bien développé, atteint 20^{m} de hauteur; les marnes et caillasses, décapées, sont visibles sur 5^{m} dans la carrière de la rue de Paris. Le contact Lutétien-Sparnacien s'effectue vers + 39^{m} au Sud-Ouest d'Ivry, + 32^{m} à l'Église et vers + 36^{m} au Petit-Ivry.

Les ouvrages de la ligne n° 7 sont établis à la limite de l'escarpement du Lutétien. Sur la moitié Sud-Ouest du souterrain (côté plateau), on voyait le contact du Sparnacien et du Calcaire grossier inférieur à *Nummulites lœvigatus* et dents de *Lamna*, en bancs horizontaux; sur la moitié Nord-Est (côté Seine), on rencontrait d'énormes masses de Calcaire grossier supérieur, à *Orbitolites complanatus*, inclinés à 45°, et reposant directement sur l'Argile plastique. Dans les intervalles séparant cette argile plastique du Calcaire à *Orbitolites complanatus*, se voyait une marne jaunâtre, inconsistante, sableuse, à silex blonds roulés.

A l'angle des rues Kléber et Parmentier, une fouille a montré un lambeau de Lutétien supérieur d'environ 150$^{m^3}$, incliné à 45° NE, reposant sur le Sparnacien à la cote + 32,00; le banc de roche était situé ici à la cote + 37,00, alors que cette couche est à + 54,00 sous le plateau d'Ivry.

Ces dénivellations ne peuvent être attribuées, ni à des failles, à cause de la régularité du substratum, ni à la solifluction, vu l'importance des massifs descendus.

La base du calcaire éboulé étant toujours constituée par le banc royal (à *Orbitolites complanatus*), il s'agit d'un niveau d'érosion bien marqué, situé à 8^{m} du sommet du Calcaire grossier. Le Lutétien inférieur, érodé sur une hauteur de 12^{m}, comprend les lambourdes, les bancs coquilliers et chlorités, tendres pour la plupart, parfois même sableux.

Les phénomènes observés s'expliquent ainsi :

Lors de la remontée des eaux du fleuve quaternaire précédant le dépôt de la basse terrasse, les courants, volumineux et très rapides, ont exercé une action mécanique puissante sur le calcaire grossier inférieur, l'érosion s'effectuant jusqu'aux couches plus dures du Lutétien supérieur, dont la base est ici à + 47 environ. Ce dernier, placé en encorbellement sur la berge sous-cavée, s'est éboulé quand l'affouillement a atteint une certaine importance; il a entraîné dans sa chute les éléments de la terrasse supérieure, les limons de plateaux et le matériel des marnes et caillasses, qui ont comblé les intervalles situés entre les éboulis et la berge abrupte.

Le même phénomène a été constaté également à Paris, où l'on connaît une berge lutétienne éboulée au pied de la colline de Chaillot; la zone effondrée, longue de 1000^{m} et large de 100^{m}, amène le Lutétien à la cote + 31^{m} au contact de l'argile plastique, affouillée et réduite à 8^{m} d'épaisseur, alors que le contact se fait à + 38 à la limite du massif en place. De même, au pont de Suresnes, un banc de calcaire grossier de 2^{m},40 a été repéré par sondage sur la base de l'argile plastique, réduite également à 8^{m}.

G. F. Dolfus ([2]) a noté qu'à Médan (Seine-et-Oise) l'affouillement des Sables de Cuise a provoqué la chute des calcaires lutétiens. Il est curieux de constater qu'à Saint-Cloud on retrouve une corniche lutétienne éboulée, par suite de l'entraînement des Sables d'Auteuil; la chute atteint 5^m, et le Lutétien vient au contact de l'argile plastique à la cote + 58, ce qui correspond à un niveau d'érosion plus ancien et contemporain de la terrasse de $20\text{-}30^m$.

Ces faits montrent que le fond et le bord des vallées parisiennes ont été l'objet d'actions morphologiques importantes pendant le Pléistocène; le démantèlement des massifs calcaires s'opérait par affouillement du pied des rives, pendant la période de turbulence où le fleuve édifiait les graviers de base des terrasses. Les exemples cités font aussi connaître deux stades d'érosion, relatifs aux terrasses de $20\text{-}30^m$ et de $10\text{-}15^m$.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la stabilité de l'ornementation chez les espèces du genre* Pediastrum *Meyen*. Note de MM. **Marcel Lefèvre** et **Pierre Bourrelly**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

L'étude systématique des *Pediastrum* est rendue particulièrement délicate par les variations incessantes de forme que subit la cellule au cours de sa vie végétative. De nombreuses convergences morphologiques ont amené des confusions dans la distinction des espèces : réunion d'espèces distinctes en raison de la similitude de leurs formes séniles ou au contraire dissociation d'une même espèce en plusieurs autres distinctes faute de la connaissance exacte de ses limites de variation.

L'ornementation de la membrane pouvait, à notre sens, constituer un caractère spécifique de grande valeur, mais plusieurs auteurs (R. Chodat puis, plus récemment, E. Bigeard) lui déniaient toute stabilité, au moins dans certains groupes.

Nous avons tenté d'étudier l'ornementation des *Pediastrum* par la méthode des cultures cloniques.

Quatre *Pediastrum* du groupe *duplex* (le plus discuté) furent isolés, à la pipette capillaire, du plancton d'un même étang (Étang du Brochet, forêt de Rambouillet). L'un, de forme gracile, présentait une membrane lisse.

([2]) *Notice sur une nouvelle Carte géologique des environs de Paris; Comptes rendus du Congrès géol. Intern. de Berlin*, 1885, in-8°, 123 p., 2 cartes, p. 122.

Les trois autres, de forme beaucoup plus compacte, montraient chacun une ornementation particulière : plissements anastomosés (*fig.* 6), plissements anastomosés ponctués (*fig.* 2), ponctuations ordonnées (*fig.* 3).

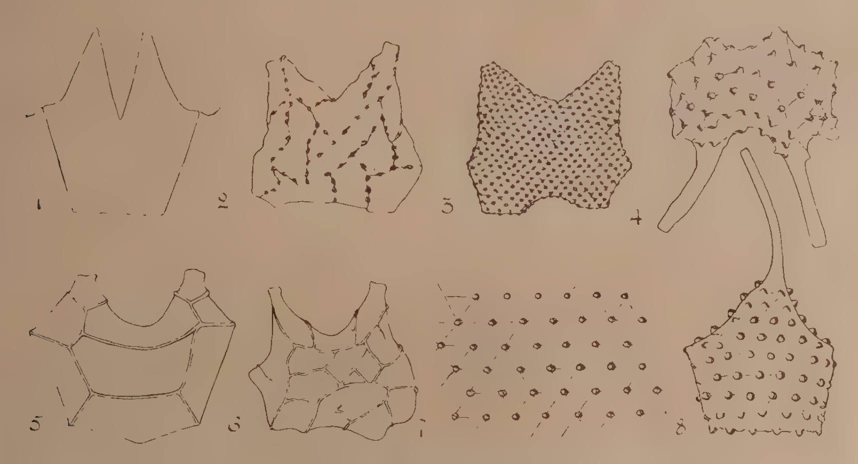


Fig. 1 à 8. — Ornementation de la membrane chez les *Pediastrum*.

Après un an et demi de culture dans un milieu de notre composition et dans le Detmer au 1/3, les clones sont restés rigoureusement semblables à eux-mêmes en forme et ornementation. D'autres *P. duplex* appartenant aux différents types ci-dessus et provenant de localités diverses ont montré en culture la même stabilité.

Enfin d'autres espèces lisses, ponctuées ou plissées (*P. angulosum* (Ehrenberg) Meneghini, *P. integrum* Nägeli, *P. Boryanum* (Turp.) Meneghini, *P. biradiatum* Meyen var. *longeocornutum* Gutwinski, *P. tetras* (Ehrenberg) Ralfs, *P. Boryanum* var. *longicorne* Reinsch, cultivées dans les mêmes conditions, se maintiennent rigoureusement semblables à elles-mêmes.

Nous sommes donc en mesure d'affirmer que les types d'ornementation, chez les *Pediastrum*, sont parfaitement stables et constituent des caractères spécifiques de grande valeur.

L'examen attentif des individus de culture nous a, en outre, permis d'effectuer certaines remarques intéressantes.

En effet, à l'encontre de l'opinion généralement admise, l'ornementation la plus puissante ne s'observe pas toujours, en culture, sur les cellules les

plus âgées. Il est donc maintenant établi que le facteur *vieillesse* n'intervient pas seul dans l'édification d'une ornementation bien marquée.

Enfin l'examen à un fort grossissement des cellules de culture nous a permis de constater sur toutes les espèces ponctuées (*P. duplex* var., *P. Boryanum*, *P. Boryanum* var., *P. integrum*, *P. simplex*), l'existence d'un réticulum très net voisin de celui que G. W. Smith a décrit sur *P. sculptatum* Smith.

Ce réticulum est formé de stries parallèles également espacées, orientées dans trois directions et se coupant à 60°. Aux points de contact sont situés les épaississements ornementaux qui occupent alors les sommets de triangles équilatéraux égaux et sont donc parfaitement ordonnés.

Chez les espèces ponctuées, la densité de la ponctuation ne varie que dans d'étroites limites : on ne trouve jamais, sur chaque face de la cellule de *P. Boryanum* var. *longicorne*, plus d'une trentaine de granules, tandis qu'il est courant d'en rencontrer une soixantaine sur *P. Boryanum* type.

En résumé, la membrane chez les *Pediastrum* peut être : lisse [*P. tetras*, *P. biradiatum* (*fig.* 1)], pourvue de ponctuations fines et denses réunies par un réticulum [*P. duplex* var., *P. Boryanum*, *P. integrum* (*fig.* 3)], de grosses granulations coniques dispersées réunies également par un réticulum [*P. simplex*, *P. Boryanum* var. *longicorne* (*fig.* 4 et 8)], recouverte d'un réseau irrégulier lisse [*P. duplex* type (*fig.* 6)], d'un réseau irrégulier ponctué [*P. duplex* var. (*fig.* 2)], d'un réseau plus régulier lisse [*P. angulosum* (*fig.* 5)].

Ayant mis en évidence, par les cultures cloniques, la constance des caractères ornementaux, ainsi que celle des caractères morphologiques généraux, nous pensons pouvoir établir, sur ces bases, une classification plus rationnelle des *Pediastrum*.

BOTANIQUE. — *La structure de la fleur des Polygonacées.* Note de M. **Louis Emberger**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

La structure de la fleur des Polygonacées, malgré les nombreux travaux qu'elle a suscités, n'est pas encore élucidée. L'opinion classique admet une structure 3-mère cyclique ou 5-mère acyclique avec des dédoublements d'étamines dans l'androcée externe. Cette interprétation repose sur la constance des trois étamines internes et des recherches ontogéniques (Payèr, Schumann).

Nous avons repris ce problème et en résumons ici très brièvement les principaux résultats.

La méconnaissance des nectaires a été, croyons-nous, une cause importante des controverses. Nous pouvons affirmer que ces organes ont la valeur morphologique d'étamines et ne sont pas de simples émergences : ils font partie de l'androcée interne et la complètent numériquement ; les rapports qui existent entre nectaires et étamines, le fait que ces organes sont interchangeables, la vascularisation, lèvent tous les doutes sur leur valeur staminale. Pour l'interprétation exacte des faits, il y a seulement lieu de tenir compte que l'apparition d'une étamine à la place d'un nectaire détermine *ipso facto* le dédoublement de celui-ci; inversement, l'étamine qui disparaît est remplacée par un nectaire simple.

Les Polygonacées à nectaires ont donc toutes un androcée interne *isomère*, mais *hétéromorphe*.

Ayant mis ces faits en évidence nous avons pu distinguer chez les Polygonacées deux plans floraux, dont l'un est réalisé chez *Fagopyrum*, *Polygonum* sp. plur., *Antigonon* etc. (*type Fagopyrum*), l'autre chez *Polygonum aviculare* et *Polygonum* sp. plur., ainsi que chez les Polygonacées multistaminées (*type Aviculare*).

Le type *Fagopyrum* est caractérisé par un périanthe simple et une androcée diplostémone isostémone : les étamines externes sont homomorphes et alternent avec les pétales, les internes sont hétéromorphes (puisque partiellement à l'état de nectaires) et épitépales. Nous n'avons constaté aucun fait en faveur d'un dédoublement de l'androcée externe ; celle-ci est originellement isomère. Le rapprochement, parfois observé, des étamines externes par paires, rapprochements qui peuvent aller jusqu'à la fusion, est en rapport avec le degré de recouvrement des tépales et la tendance à l'avortement qui *prédispose* aux anomalies (*Fagopyrum tataricum*). L'ontogénie ne conduit à aucune conclusion précise.

Les étamines externes, dans le type *Fagopyrum*, occupent l'emplacement exact d'une corolle : elles en sont l'homologue.

Supposons maintenant que les étamines externes qui ont une tendance à disparaître (*Fagopyrum tataricum*) avortent complètement et que les étamines internes soient homomorphes : ces fleurs auront un périanthe simple et une androcée réduite aux étamines internes, par conséquent *isostémone*, *épitépale*, *homomorphe*. L'androcée externe n'y existe pas et n'y a pas d'équivalent. Cette structure concrétise le type *Aviculare*.

Dans ce type l'androcée interne, la seule qui existe, est assez rarement à

cinq étamines épitépales simples; les étamines sont habituellement une ou plusieurs fois dédoublées, de telle sorte que les fleurs peuvent en contenir un nombre indéterminé. Quand elles en ont huit, elles simulent la structure *Fagopyrum*. Or il existe une différence fondamentale entre les fleurs 8-staminées des types *Fagopyrum* et *Aviculare* : celles du premier sont diplostémones, celles du second sont isostémones à étamines plus ou moins dédoublées.

On a beaucoup discuté pour savoir si la fleur primitive des Polygonacées est 3-mère ou 5-mère. Il résulte de nos recherches que ces deux types floraux sont sur le même plan et représentent simplement deux tendances d'une même organisation fondamentale, fait clairement exprimé par les nombreuses espèces portant à la fois, et sur le même individu, des fleurs de l'une et de l'autre structure. Ce plan général était indiscutablement du type *Fagopyrum*, mais avec une androcée diplostémone et homomorphe et périanthe toujours simple [1].

Cet ensemble de faits nouveaux précise la morphologie florale des Polygonacées : par son périanthe simple et son androcée homologue d'une corolle, la fleur des Polygonacées annonce la fleur complète des Dialypétales; on pourrait dire que les plantes de cette famille sont des *Prémétachlamydées*. De plus, ces faits mettent en lumière l'importance systématique des Polygonacées, leurs affinités déjà connues avec les Chénopodiacées, les Caryophyllacées, et justifient l'opinion d'Hutchinson, qui fait des Paronychiées une famille spéciale, directement rattachée aux Polygonacées, les Illécébracées.

BOTANIQUE. — *Un type aberrant de Légumineuses-Césalpiniées de Madagascar.* Note de M. **Henri Humbert**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Nous avons fait connaître [1] un genre malgache de Cucurbitacées qui est à compter parmi les cas les plus remarquables d'endémisme insulaire remontant à un lointain passé géologique. Un autre végétal non moins intéressant se rencontre dans les mêmes formations xérophiles du Sud, et

---

(1) La nature spiralée de la fleur des Polygonacées, même celle des fleurs 3-mère ne nous paraît pas douteuse.

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 220.

aussi dans les stations les plus arides de l'Ouest et même de l'extrême Nord, là où règne un climat à saison sèche très accusée. C'est un petit arbre dont les premiers spécimens avaient été envoyés au Muséum par Geay dès 1909. Depuis lors plusieurs botanistes l'ont examiné sans se mettre d'accord *sur la famille* même à laquelle il se rapporte, tellement est insolite l'ensemble des caractères offerts par ses fleurs et surtout par ses fruits.

Haut de 5 à 6 mètres, il présente des feuilles alternes composées-bipennées, à rachis primaire et secondaire un peu renflés et articulés à leur base, à folioles entières généralement alternes sauf à l'extrémité des rachis où les deux dernières s'opposent en paire terminale.

Les fleurs, diclines par avortement (dioïques), petites, verdâtres, en grappes composées axillaires, sont actinomorphes et tétramères, sauf en ce qui concerne le gynécée : sur un réceptacle cupuliforme court s'insèrent alternativement (fl. ♂ et fl. ♀) 4 sépales dont 1 postérieur, 4 pétales égaux imbriqués, 4 étamines égales à anthères biloculaires introrses dorsifixes, 4 staminodes. Les fl. ♂ ont un pistillode semblable à l'ovaire mais minuscule. Dans les fl. ♀ les 4 étamines sont semblables à celles des fl. ♂, mais leurs anthères sont plus petites et le pollen est abortif; l'ovaire, stipité, est libre, zygomorphe, uniloculaire, à contour elliptique, atténué aux deux extrémités, à flancs déprimés entre deux paires inégalement accusées de plis longitudinaux aigus; il se prolonge par un style assez court recourbé vers la face placentaire de l'ovaire et il se termine par un stigmate capité-réniforme à échancrure tournée vers cette même face; il renferme un seul ovule, anatrope, pendant, à raphé interne, attaché vers le haut du placenta, qui est équidistant des deux plis étroits du péricarpe.

L'examen anatomique démontre qu'il s'agit d'un seul carpelle excentrique du type des Légumineuses : un large faisceau vasculaire occupe la position médiane antérieure (abaxiale) normale; le faisceau placentaire (adaxial) lui fait face; les plis ne sont vascularisés que par des ramifications, arquées-divariquées, du faisceau carpellaire médian. Au cours du développement, les deux paires de plis s'accroissent fortement en restant inégales; chaque pli, fermé par accolement des portions du péricarpe qui le constituent, se prolonge en aile membraneuse. Finalement le fruit mûr ne ressemble à aucun des types, si variés pourtant, offerts par la carpologie comparée de cette vaste famille, et c'est ce qui avait arrêté les morphologistes.

Le fruit, sec, indéhiscent, monosperme, est une *gousse samaroïde tétraptère* (d'environ 30 sur 25^{mm}) à contour obovale; la partie séminifère (d'environ 15 sur 4^{mm}), oblongue, est en fort relief sur le plan des deux grandes ailes membraneuses (larges d'environ 10^{mm}), qui la cernent de

toutes parts sur sa face abaxiale, se contractent vers le gynophore (long de 5^{mm}) et s'échancrent vers la base du style induré; les deux petites ailes (larges d'environ 3^{mm}) correspondant à la face adaxiale du fruit sont vaguement parallèles aux grandes dont elles reproduisent à peu près le contour, mais elles s'atténuent aux extrémités. La graine, volumineuse (8 sur 5^{mm}), oblongue, rétrécie à son extrémité supérieure, près de laquelle se trouve le hile, suspendue par un funicule mince, est bitegminée, à tégument externe lisse, brun rougeâtre, pourvue d'un albumen non ruminé, assez épais, sauf vers l'extrémité radiculaire où il manque; l'embryon est droit, à cotylédons accolés dans le plan du raphé devenu latéral par compression.

Cette espèce constitue le type d'un genre nouveau, *Tetrapterocarpon*. Voici les diagnoses générique et spécifique :

Tetrapterocarpon H. Humb., gen. nov. (*Eucæsalpinieæ*). — Flores diclini pedicellis basi articulatis. Receptaculum discifer concavum. Sepala 4, æqualia. Petala 4, imbricata, aequalia. Stamina 4, libera, æqualia, antheris introrsis dorsifixis, longitudinaliter dehiscentibus. Staminodia 4 (filamentis abbreviatis haud antheriferis constituta). Pistillodium in fl. ♂ ovario simile, sed minimum. Ovarium in fl. ♀ stipitatum, liberum, 4-plicatum, 1-ovulatum, stylo brevi, stigmate capitato-rèniformi. Legumen indehiscens membranaceum, obovatum, dorsiventraliter compressum, 4-alatum, alis externis latioribus. Semen 1, ovoideum, albuminosum; cotyledones planæ; radicula recta.-Arbor parva dioica, inermis. Folia bipinnata alterna, foliolis sæpius alternis, ultimis bijugis; stipulæ caducæ. Flores minimi, racemosi, racemis axillaribus. Bracteæ et bracteolæ minimæ.

T. Geayi H. Humb., sp. nov. — Folia glabra petiolo ca. 5^{cm} longo, pinnis lateralibus (2-4-jugis) et terminali ca. 10^{cm} longis, foliolis (18-25^{mm} longis, 6-9^{mm} latis), 5-7 jugis integris obovato-oblongis petiolulatis, cuneatis, retusis vel emarginatis. Racemi pedunculati laxe pyramidales (6-10^{cm} longi, 5^{cm} inferne lati); ramuli (1-et 2-ordinis) et pedicelli (1^{mm},5 longi) minute puberuli. Flores (antheris flavis exceptis) pallide virides (4-5^{mm} diam.); sepala minuta ovata puberula; petala obovata patentia glabra; filamenta basi et apice pilosa; staminodia pilosa; ovarium (vel pistillodium) glabrum. Typi : Geay 3343; H. Humbert 12827.

Par l'organisation générale, ce genre singulier se place dans les Eucésalpiniées. Deux bractéoles latérales encadrent le pédicelle. Dans le très jeune bouton, les sépales antérieur et postérieur recouvrent les deux sépales latéraux. La préfloraison de la corolle, imbriquée, varie; le pétale recouvrant peut être l'antérieur droit ou l'antérieur gauche, parfois l'un des autres pétales, comme si ce caractère était mal fixé, bien qu'il s'agisse d'un genre sans proches alliés connus et faisant incontestablement partie d'un très vieil élément endémique malgache, fait à rapprocher de ce que nous avons signalé au sujet du g. *Xerosicyos*. D'autres genres endémiques,

non moins isolés, de Césalpiniées à gousse samaroïde, font partie du même élément (*Bathiæa*, *Apaloxylon*); ils diffèrent de *Tetrapterocarpon* par le fruit monoptère, l'organisation générale de la fleur (pentamère dans *Bathiæa*, apétale dans *Apaloxylon*) et par les feuilles simplement pennées.

MYCOLOGIE. — *Sur l'existence de Bolets à tubes libres.*
Note de M. **Roger Heim**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Sous les noms d'*Ixechinus majus* et *minus* (nov. gen., nov. sp.) nous caractériserons ici un groupe de Bolets, constituant la tribu nouvelle des *Ixechineæ*, que M. R. Decary nous a fait parvenir de Madagascar où il les avait recueillis dans les bois à Chlénacées du domaine du Centre, sous une Euphorbiacée endémique, *Uapaca Bojeri* H. Baill., communément appelée *tapia*. Ces champignons manifestent quelques particularités remarquables : ils sont *entièrement* glutineux par l'humidité, leurs spores amygdaliformes-allongées (*calibrées* chez *minus*) et citrin très clair; le stipe central et continu avec le péridium se montre très grêle, strié-côtelé non réticulé, la chair molle privée apparemment de boletol; l'hyménium, distant du stipe, est formé de tubes cylindriques, simples, très longs, charnus-élastiques, séparables isolément du plan inférieur du péridium et entièrement indépendants les uns des autres, c'est-à-dire fixés à leur seule extrémité fermée supérieure. Mais cette dernière disposition n'est pas absolument primitive : elle est due à un phénomène d'ordre histochimique superposé à une particularité structurale, que nous avons pu préciser.

En effet ces tubes sont d'abord séparés l'un de l'autre par une trame faite de deux épaisseurs lacuneuses réunies par un médiostrate très étroit, qui, multiplié sur l'ensemble du volume hyménial, dessine une sorte d'ossature de celui-ci, constituée d'hyphes grêles enchevêtrées, et visible sur le sec. Dans les deux zones latérales lacuneuses, ou moitiés de trame, seuls quelques filaments circulent, échappés de la mince zone médiane plus cohérente. Du moins cet agencement est-il celui qu'offre le champignon à l'état frais mais non imbu, ou à l'état sec. Au contact prolongé de l'eau, ces filaments, de nature pectosique, se gélifient et produisent un mucus qui libère complètement les tubes proprement dits, composés de la couche cylindrique-annulaire formée de l'hyménium (basides et poils cystidiformes) et du mince sous-hyménium qui le supporte. Sous l'action de cette gélification, ces derniers éléments hyméniaux s'allongent et se gonflent à leur tour; l'hyménium, complètement désarticulé, se développe ainsi

comme un éventail sphérique piqueté régulièrement et densément de tubes érigés, mimant des aiguillons creux, tandis que la partie supérieure du péridium, comprimée, s'affaisse vers le centre, donnant au chapeau un aspect fortement déprimé. En même temps, ce péridium hérissé se trouve, comme le stipe, entièrement englué dans un mucus filant.

Cette structure met en évidence la séparabilité totale quoique non entièrement initiale des tubes, autrement dit le clivage de la trame sous une cause naturelle.

Quoiqu'il conviendrait de mieux connaître l'anatomie des Boletés avant de tirer de l'étude des *Ixechinus* toutes les déductions possibles, ce premier exemple de Bolets à tubes entièrement libres montre qu'on ne saurait opposer *a priori* ce caractère extrême à celui d'autres Bolets à trame seulement peu séparable. Il appuie également l'impossibilité d'admettre l'opposition classique entre les prétendus *tubes* libres des Fistulines (en réalité primitivement indépendants, d'abord fermés, non entièrement creux, mais cupulaires et partiellement fertiles à la fin) et les tubes prétendus toujours non séparables des Bolets, opposition qui reposait sur une fausse homologie (puisque ces deux éléments hyméniens n'ont respectivement dans ces deux groupes ni la même origine ni la même valeur), et sur une erreur de fait qu'amplifie l'existence des *Ixechinus*. Pareillement, aucune assimilation n'est permise entre les tubes libres de ceux-ci et les cylindres hyméniens des Fistulines, dont la libération est due à des causes différentes.

Cette discussion apporte un argument nouveau en faveur de la thèse que nous défendons sur l'hétérogénéité et le polyphylétisme non seulement de l'*Ordre* friésien démesuré des *Polyporei*, mais aussi du groupe classique des Bolets dont la multiplicité des affinités, démontrée par les diversités chimiques, biologiques, sporales (formes, ornementations, couleurs), par la structure et l'origine de l'hyménium, n'est que masquée par la convergence morphologique toute artificielle de la surface hyménifère vers le type poré. Cette dernière configuration réunit chez les Hyménomycètes les aspects de simple ressemblance physionomique que peut revêtir l'hyménium de champignons appartenant à des groupes essentiellement différents, Aphyllophorales (Poro-Hydnés, Cyphellacés), Fistulinales, Agarics vrais (Collybies, Marasmes et Omphalies porés; *Favolaschia* etc.), formes agaricoïdes (*Gomphidius-Paxillus-Phylloporus-Xerocomus* pr. p.), formes polyporoïdes (?) (*Gyrodon*), formes gastéroïdes (Strobilomycetales), enfin Bolets *sensu stricto*, dont les *Ixechineæ* ne sauraient être séparés.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Nature du glucide d'un hybride obtenu entre deux genres de Graminées différant par leurs réserves glucidiques.* Note de MM. **Antoine de Cugnac** et **Henri Belval**, présentée par M. Marin Molliard.

En fécondant *Elymus riparius* Wiegand par le pollen d'*Agropyrum caninum* Roem. et S., l'un de nous a obtenu un hybride intergénérique : ×*Agroelymus Piettei* A. de Cugnac, dont l'étude morphologique sera publiée ailleurs. Cette Note traitera seulement des glucides de réserve des parents et de l'hybride.

On sait que les genres *Agropyrum* et *Elymus*, rangés dans la tribu des Hordéées, se distinguent aisément l'un de l'autre par les caractères morphologiques de l'épi : *Agropyrum* appartient à la sous-tribu des Triticinées caractérisée par la présence d'un seul épillet à chaque dent du rachis; *Elymus* appartient à la sous-tribu des Hordéinées (ou Elyminées) caractérisée par la présence de plusieurs épillets à chaque dent du rachis. Les espèces typiques ne diffèrent pas moins par la nature de la réserve glucidique : *Agropyrum repens* renferme de la triticine (1); *Elymus arenarius* contient de l'élymoside (2). Qu'en est-il d'*A. caninum*, dont Husnot fait le type du genre *Goulardia;* d'*E. riparius*, les systématiciens hésitant souvent entre les deux genres voisins *Elymus* et *Hordeum?*

1° *Agropyrum caninum* Roem. et S. — C'est pour des raisons morphologiques de minime importance que Husnot élimine cette espèce du genre *Agropyrum*. On pouvait donc s'attendre à y retrouver la même substance de réserve que dans les autres *Agropyrum* déjà étudiés : *A. repens*, *A. pungens*, *A. junceum*, *A. acutum*. De fait, le produit qu'on en retire possède un pouvoir rotatoire égal à $-48°$ ou $-49°$, qui devient sous l'action des acides sensiblement égal à celui du fructose pur, et ni l'oxydation par le brome ou par l'iode, ni le dosage sélectif du fructuose par la liqueur d'Ost ne permettent de conclure avec certitude à la présence d'un sucre aldéhydique dans les produits d'hydrolyse; à l'état pur, il n'est pas transformé par les extraits de levure obtenus par macération putride et ne l'est que très lentement par les autolysats aseptiques. Autant de propriétés

(1) A. de Cugnac, Thèse Doct., Paris, 1930.

(2) H. Colin et H. Belval, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 191; H. Belval, *Rev. Gén. Bot.*, 50, 1938, p. 16.

de la triticine, considérée à bon droit comme un *fructoholoside*. Du point de vue chimique par conséquent, le genre *Goulardia* ne s'impose nullement : le parent mâle est un véritable *Agropyrum* au même titre que les autres espèces du genre.

2° *Elymus riparius* Wiegand. — Les *Elymus* étudiés jusqu'à présent, *E. arenarius*, *E. giganteus*, *E. sabulosus*, *E. curvatus*, renferment tous le même glucide de réserve. l'élymoside. Il se distingue facilement de la triticine par ses pouvoirs rotatoires, — 43° et — 83°, avant et après hydrolyse ; par l'action des extraits de levure qui le tranforment lentement mais intégralement ; surtout par la présence de 5 à 6 pour 100 de glucose dans les produits d'hydrolyse. Sur ce point, aucun doute n'est possible : le glucose a été mis en évidence à l'état de méthylglucoside cristallisé, et les dosages à l'iode, au brome et par la liqueur d'Ost confirment cette proportion de glucose. Or, entre le glucide lévogyre de l'*Elymus arenarius* et l'élymoside pur, il y a identité absolue : mêmes pouvoirs rotatoires, même vitesse d'hydrolyse par la sucrase, même teneur en glucose des produits d'hydrolyse. C'est donc bien l'élymoside, *fructoglucoholoside* à 5 pour 100 environ de glucose, que renferme le parent femelle.

3° Hybride × *Agroelymus Piettei* A. de Cugnac. — Issu de parents élaborant l'un de la triticine, l'autre de l'élymoside, l'hybride pouvait tenir son activité physiologique soit du pollen, soit de l'ovule, soit des deux ensemble.

Tout d'abord, on trouve, pour les pouvoirs rotatoires du glucide extrait de l'hybride, des valeurs constamment comprises entre — 46° et — 48°, tandis que, après hydrolyse, elles sont voisines de — 87°. Aux erreurs d'expérience près, c'est ce qu'on obtient avec la tricitine. Comme avec la tricitine encore, la recherche du glucose dans les produits d'hydrolyse conduit à des résultats négatifs. Le tableau ci-dessous résume une série d'expériences effectuées par les méthodes classiques et dans des conditions rigoureusement identiques, sur la tricitine, l'élymoside et le glucide de l'hybride.

Glucide.	$[\alpha]_D$ initial.	$[\alpha]_D$ après hydrol.	Glucose trouvé par oxydation par Br.	Glucose trouvé par liqueur d'Ost.	Iode fixé pour 100 (en mg.).
Fructose pur	—90°	—	(oxyd. 1 %)	—	2,03
Mélange (Glucose 5 %; Fructose 95 %)	—85	—	5 %	4,9 %	7,40
Tricitine (*Agropyrum caninum*)	—49	—90°	2,2	0,6	2,39
Élymoside (*Elymus riparius*)	—43	—83	6,5	5,5	8,06
Glucide de l'hybride (*Agroelymus*)	—47	—87	1,2	2,0	2,56

On ne peut manquer d'apercevoir l'extrême analogie qui se manifeste entre le produit de l'hybride et la *triticine*, glucide de réserve du parent mâle. Les dosages par l'iode, de beaucoup les plus sensibles, apparaissent concluants à cet égard. Par contre l'élymoside paraît absent chez l'hybride, au moins dans les limites de sensibilité des dosages, fait d'autant plus intéressant qu'il s'agit du glucide de réserve de l'espèce employée comme mère dans le croisement. S'il y en a, ce ne pourrait être qu'en quantité nettement inférieure à celle de la tricitine, et non dosable, car les méthodes deviennent imprécises pour les quantités très faibles de glucose, correspondant à un tel mélange. De toute façon, l'action du pollen sur l'ovule paraît avoir modifié assez profondément l'activité physiologique de l'hybride pour provoquer l'élaboration d'un fructoholoside semblable à celui du père, au lieu du fructoglucoholoside de la mère, fait qui demeure acquis même si l'on ne peut affirmer avec certitude qu'il ne subsiste pas quelque trace de ce dernier chez l'hybride.

Quoi qu'il en soit, cette expérience démontre la possibilité d'hybridations entres plantes à réserves glucidiques différentes. L'identité des glucides des deux parents n'est donc pas, comme certains ont cru pouvoir l'avancer, une condition nécessaire et suffisante de succès. Par ailleurs, il faut bien reconnaître que la différence entre la tricitine et l'élymoside est minime : les deux substances ne se distinguent que par une proportion de glucose voisine de 5 pour 100. Plus élevée, celle-ci créerait-elle un obstacle insurmontable ? D'autres expériences seraient nécessaires pour apporter une réponse sur ce point.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Domaine de stabilité de la symbiose lichénique. L'énantioxérie.* Note de M. R. **Dughi**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

On admet classiquement que les Lichens se distinguent des Champignons et des Algues par leur pouvoir de reviviscence beaucoup plus accentué et qui intéresse, à la différence de ce qu'on observe chez les Champignons, le corps tout entier, y compris les organes de fructification. A cette vue théorique, on peut opposer des faits qu'on n'a pas pris jusqu'ici en suffisante considération : 1° il existe une multitude de Champignons doués des *mêmes propriétés de reviviscence que les Lichens* (Pseudolichens, Champignons parasites ou parasymbiotes des Lichens, Demi-Lichens de

Zukal) (1): 2° les types d'Algues aériennes représentées parmi les gonidies sont capables, elles aussi, d'une résistance marquée à la sécheresse; 3° quelques indications enfin, notamment de Jumelle (2), qui constatait une forte diminution des échanges gazeux et même la disparition de la photosynthèse chez plusieurs espèces communes après trois mois de siccité, suggèrent que la sensibilité des Lichens à la sécheresse serait en général plus grande qu'on ne le supposait *a priori*.

Ces premières données, suffisantes pour montrer que la *reviviscence des Lichens n'est pas directement liée à la symbiose*, méritaient d'être étendues et complétées. Dans ce but nous avons choisi une centaine de Lichens corticoles très répandus qui furent suivis concurremment sur les Pins de Provence dans des stations de climat aussi varié que possible et au laboratoire après des séjours de durée croissante en herbier ou simplement en atmosphère sèche. D'autres recherches furent également faites sur les Collémacées saxicoles de la Provence. Plusieurs années d'observations nous ont amené aux conclusions suivantes :

1° Outre le ralentissement graduel des échanges gazeux, l'effet nocif de l'anhydrobiose sur les Lichens se manifeste encore, avec un certain retard, par *des lésions cellulaires bien visibles :* diminution définitive des dimensions et déformation des articles du Champignon ou des cellules gonidiales, colorabilité immédiate par le rouge neutre et l'éosine et rétractation des contenus cellulaires, coalescence des inclusions huileuses cytoplasmiques, coloration des réserves oléagineuses des gonidies-protococcacées par les pigments caroténoïdes;

2° Ces lésions atteignent d'abord les gonidies puis le Champignon chez les Lichens à gonidie-Protococcacée, le Champignon puis la gonimie chez les Lichens à gonidie-Cyanophycée, et s'étendent ensuite à tout le thalle. Seuls, les Lichens crustacés hypophléodes sont le siège d'une altération concomitante de leurs constituants. L'altération du Champignon commence toujours par les spores.

3° Des lésions assez profondes de l'ensemble du Lichen et surtout des lésions plus marquées d'un des deux symbiotes entraînent *un déséquilibre physiologique et la destruction partielle ou totale du complexe lichénique*. Ce sera par conséquent tantôt la gonidie (Lichens à Chlorophycées),

---

(1) Les Demi-Lichens vivent tantôt en association avec des Algues, tantôt en parasites ou en saprophytes.

(2) *Rev. Gén. de Bot.*, 4, 1892, p. 29-30.

tantôt le Champignon (Lichens à Cyanophycées) qui réglera *l'amplitude de la résistance à la sécheresse* d'une espèce définie de Lichen. Cependant l'un des symbiotes peut protéger l'autre contre une dessiccation trop rapide et, toutes choses égales d'ailleurs, les premiers stades de la synthèse lichénique, les sorédies et les thalles primaires sont plus sensibles que les thalles secondaires et les diaspores amphigènes cortiquées [fragments de thalle, isidies, papilles scortéales, tubercules, etc. (3)].

4° La résistance à la sécheresse, que nous nommerons *énantioxérie* (4), mesurée par le temps de siccité qui cause les premières lésions cellulaires visibles ou appréciées par le microclimat des stations les plus sèches où puisse vivre un Lichen donné, est très *variable suivant les espèces*. Celles-ci peuvent être rangées en séries continues d'énantioxérie croissante ou décroissante ou comparées à des espèces fréquentes choisies comme parangons. Les plus énantioxères des épiphytes des Pins de Provence, le *Physcia leptalea* var. *tenella* et la *Xanthoria parietina*, sont déjà gravement lésés par deux mois environ de siccité complète.

L'énantioxérie apparaît donc finalement comme *l'expression des limites du domaine d'existence de la symbiose lichénique sous le rapport du rythme des périodes de siccité des Lichens* dans leurs stations naturelles. Inversement, nous appelons *énantiohygrie* les limites du domaine d'existence du complexe lichénique selon le rythme des périodes d'imbibition.

---

(3) Cette protection est faible. Le vrai rôle protecteur du Champignon ou de l'Algue sur son associé est d'un autre ordre. Toutefois signalons le cas des gonidies *Trebouxia* des Théloschistacées : ces gonidies, placées sous un cortex riche en pariétine, ne reçoivent que les radiations les moins réfrangibles du spectre, à partir de la raie F environ.

(4) Nous réservons le terme *d'énantioxérancie* pour la résistance des Lichens à la *dessiccation*. D'après M. Hilitzer l'évaporation de l'eau absorbée par les Lichens obéit à l'équation $P_t = 100\,k^t$, où P_t est le pourcentage de la capacité totale en eau après un temps t d'évaporation, k un coefficient plus petit que l et qui dépend du Lichen, de la température, du déficit de saturation de l'air etc.; l'ensemble des valeurs de k pour un Lichen déterminé exprime *l'énantioxérancie* de ce Lichen.

PHYSIOLOGIE. — *Curarisation et chronaxie.* Note de M. P. DE BERREDO-CARNEIRO, présentée par M. Paul Portier.

Après avoir isolé la strychnoléthaline du curare et de *Strychnos lethalis* Barb. Rod. ([1]) par le réactif de Gabriel Bertrand ([2]), nous avons procédé à l'étude comparative de l'action pharmacodynamique de cet alcaloïde et du poison à flèche dont il fut extrait. Nous nous sommes servi, dans ce but, de deux échantillons différents de curare : le premier provenait directement des indiens Ticunas; le second faisait partie de la collection de Paul Bert et nous fut donné par M. P. Portier. Ces recherches nous ont conduit à de nouvelles données concernant le phénomène de la curarisation.

Claude Bernard, le premier, analysa minutieusement ce trouble fonctionnel. L. et M. Lapicque en ont repris l'étude et lui donnèrent une interprétation nouvelle ([3]). D'après leurs vues, le muscle et le nerf à l'état normal sont *isochrones;* quand la curarisation apparaît ils se montrent *hétérochrones.* Aussitôt que la chronaxie du muscle atteint une valeur double de celle du nerf, son excitabilité indirecte est abolie, ce qui a porté Lapicque à ériger en loi générale que l'isochronisme du nerf et du muscle est la condition nécessaire à la transmission.

Afin d'établir, préliminairement, que la strychnoléthaline est une base curarisante, dans le sens attribué par Claude Bernard à ce terme, nous avons répété ses expériences classiques sur la Grenouille, en interceptant le passage du sang artériel dans les pattes du train postérieur par la ligature des artères, tout en laissant intacts les nerfs qui font communiquer ces membres avec la moelle épinière. Aussi bien avec la strychnoléthaline qu'avec nos deux échantillons de curare, les résultats furent concordants : conservation de la sensibilité et abolition de la motricité. Mais, contrairement à l'observation de Claude Bernard, le sciatique des Grenouilles complètement paralysées continue de transmettre l'excitation électrique. Cette divergence nous semble provenir du fait que Claude Bernard curarisait ses animaux d'expérience par l'insertion sous-cutanée d'un

---

([1]) P. DE BERREDO-CARNEIRO, *Comptes rendus,* **206**, 1938, p. 1202.

([2]) *Comptes rendus,* **128**, 1899, p. 742; *Bull. Soc. Chim.*, **21**, 1899, p. 434.

([3]) LOUIS LAPICQUE, *L'excitabilité en fonction du temps,* 1926. *La chronaxie et ses applications physiologiques*, 1938.

fragment de curare, sans pouvoir nullement contrôler la dose effective de poison introduit dans l'organisme. Très probablement les proportions relativement énormes de principes actifs ainsi absorbés entraînaient rapidement l'altération du tissu nerveux. Nous sommes en effet arrivé au même résultat par l'emploi d'une dose cent fois plus grande que celle nécessaire à provoquer la paralysie.

La définition même de la curarisation étant ainsi mise en jeu, l'examen approfondi de la question, du point de vue de la chronaxie, s'imposait. Nous l'avons entrepris en employant le procédé de Lapicque par les condensateurs. Nos essais ont porté sur le sciatique-gastrocnémien de grenouille, tantôt à l'état normal, tantôt sous l'action du curare ou de la strychnoléthaline, en solutions titrées. Les doses mortelles de cet alcaloïde par voie sous-cutanée sont de $1^{\gamma},4$ par gramme pour le Cobaye, et de 1^{γ} par gramme pour le Lapin. La Grenouille supporte des doses bien plus fortes; on peut, cependant, la paralyser totalement avec 2^{γ} par gramme.

En ce qui concerne le nerf et le muscle des Grenouilles normales, nos déterminations coïncident parfaitement avec celles publiées par L. et M. Lapicque. Par contre, sur des Grenouilles paralysées, soit par la strychnoléthaline, soit par le curare, avec 2^{γ} de principe actif par gramme, nos mesures de chronaxie nous ont conduit à des résultats différents. La composition de ce poison étant jusqu'alors inconnue, les physiologistes ne pouvaient pas fonder leurs expériences sur des données quantitatives. D'autre part, les différents curares d'origine indienne, provenant de la décoction de nombreuses plantes inconnues, peuvent éventuellement provoquer, en plus de la curarisation, d'autres troubles neuromusculaires. Le tableau ci-après reproduit quelques-unes des valeurs que nous avons trouvées sur une vingtaine de Grenouilles examinées. Deux faits nouveaux ressortent de ces expériences : 1° l'augmentation de la chronaxie du gastrocnémien par l'effet de la strychnoléthaline ou du curare peut atteindre des valeurs dix fois plus grandes que la valeur normale sans entraîner l'abolition de l'excitation électrique indirecte; 2° chez la Grenouille paralysée par la strychnoléthaline ou par le curare, à des doses convenables, l'excitation indirecte donne pour la chronaxie des valeurs identiques à celles de la Grenouille normale.

Chronaxïe du sciatique-gastrocnémien (excitation directe et indirecte) *en fonction du temps écoulé après la dissection* (τ, chronaxie en $m^{\text{ième}}$ de sec.).

Poids.	Temps.	Excitation directe.	Excitation indirecte.
I. — Grenouilles normales.			
	h	τ	τ
58	1/2	0,38	0,29
46	3	0,37	0,31
II. — Grenouilles paralysées par la strychnoléthaline.			
65	1/2	3,93	0,26
45	2	2,59	0,29
III. — Grenouilles paralysées par le curare des Ticuñas.			
52	1/2	3,96	0,34
63	4	2,88	0,31
IV. — Grenouilles paralysées par le curare de la collection de Paul Bert.			
75	1/2	4,20	0,38
48	2	3,66	0,33

La persistance de l'excitation au courant galvanique d'un muscle volontaire, à travers son nerf moteur, chez un animal curarisé, alors que l'isochronisme de l'état normal a fait place à un hétérochronisme prononcé, met en évidence l'abolition de l'excitation due à l'influx nerveux sans que l'excitabilité électrique disparaisse. On peut donc se demander si le processus physiologique de l'excitation ne diffère pas essentiellement de la stimulation électrique. De toute façon les notions acquises sur l'effet des poisons curarisants doivent être modifiées.

Observations de M. **Louis Lapicque** *au sujet de la Note précédente.*

Il y a deux points à distinguer dans la Note de M. de Carneiro; le premier concerne ma théorie de l'isochronisme; l'auteur apporte des résultats contraires à cette théorie; je les révoque en doute, mais ce sera un point à vérifier expérimentalement suivant les règles ordinaires de la discussion scientifique.

Au contraire, le second point doit être relevé sans plus attendre;

c'est à savoir l'affirmation du maintien de l'excitabilité indirecte par le nerf dans un muscle curarisé. Or la définition de Claude Bernard acceptée et vérifiée unanimement par la physiologie mondiale depuis trois quarts de siècle fait de la disparition de l'excitabilité indirecte le caractère essentiel de la curarisation; non seulement la paralysie par le curare s'explique de cette manière et de cette seule manière, mais encore on appelle, par extension *curarisation* toute paralysie provoquée par le même mécanisme au moyen de quelque poison que ce soit; et l'on connaît un grand nombre de substances curarisantes.

Par conséquent, quelles que puissent être les constatations expérimentales de M. de Carneiro, la notion d'excitabilité indirecte d'un muscle curarisé est inadmissible. Une paralysie produite en respectant cette excitabilité n'est pas une curarisation.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur l'hypoglycémie consécutive à l'absorption digestive de l'insuline.* Note de MM. **Francis Rathery**, **Maurice Dérot** et **Pierre-Marie de Traverse**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

L'action presque nulle de l'insuline par voie orale semble bien, en partie du moins, être sous la dépendance de deux facteurs : la destruction de l'hormone ou son inhibition par les ferments protéolytiques et la faible capacité d'absorption de la muqueuse digestive à l'égard de sa molécule déjà importante.

Nous avons essayé de limiter l'action de ces deux facteurs à l'aide d'antidiastasiques et de modificateurs de la tension superficielle ajoutés à l'insuline administrée, en nous inspirant des travaux de divers auteurs étrangers (Lasch, Schœnbrunn, Brügel).

Comme antidiastasique, nous nous sommes adressés à divers dérivés du triphénylméthane et du groupe des diazoïques. Nous n'avons jusqu'ici expérimenté comme modificateur de la tension superficielle que des saponines.

Nos expériences ont porté sur le Chien et sur le Lapin, la technique a été sensiblement la même pour les deux espèces : administration des mélanges par sonde gastrique au Chien anesthésié par le numal ou le chloralosane intraveineux, ou au Lapin non anesthésié. La glycémie a été suivie dans le sang artériel du Chien, dans le sang veineux du Lapin, pendant un temps variant de 6 à 24 heures. Les dosages ont été faits par la méthode de Baudouin.

a. Expériences sur le Lapin. — Voici quelques-unes des baisses maxima observées chez le Lapin :

	Insuline par kilogramme (unités).		Baisse de la glycémie.		Pour 100.
1 (témoin).	50	pure	1,22	à 1,09 (¹)	—10
2.........	50	avec adjuvants	1,33	0,73	—45
3.........	50		1,13	0,53	—53
4.........	50		1,12	0,60	—46
5.........	50		0,96	0,76	—21
6.........	66		1,25	0,74	—41
7.........	100		1,10	0,84	—24
8.........	200		1,05	0,56	—47

L'abaissement maximum de la glycémie s'est produit de 30 minutes à 4 h. 30, après l'ingestion. L'hypoglycémie est importante, mais variable suivant les animaux, et il n'y a pas proportionnalité absolue entre la dose d'insuline ingérée et l'importance de la baisse du sucre sanguin. Ce phénomène a d'ailleurs été observé par l'un de nous à plusieurs reprises en ce qui concerne la voie parentérale.

b. Expériences sur le Chien. — Nous présentons ici cinq expériences caractéristiques chez des animaux de poids assez variable. Nous avons seulement changé la dose d'insuline ingérée.

1. 60 unités par kilogramme, la glycémie passe de 1,28 à 0,54 en 6 heures (— 58 %).

2. 30 unités par kilogramme, la courbe glycémique partant de 1,29 tombe à 0,79 en 1 heure, puis à 0,19 au bout de 4 heures, pour ne remonter qu'après 6 heures (— 85 %).

3. 30 unités par kilogramme, la glycémie partant de 1,18 baisse régulièrement jusqu'à la sixième heure, où elle atteint 0,19, à ce moment, après quelques convulsions, le chien meurt (— 84 %).

4. 20 unités par kilogramme, la courbe glycémique partant de 1,42 tombe à 0,64 en 5 heures, pour remonter à 0,90 au bout de 10 heures (— 0,55 %).

5. 10 unités par kilogramme, la glycémie observée pendant 12 heures a oscillé entre 1,25 et 1,83, elle s'est élevée après ce temps à 2,55, probablement sous l'influence des saignées répétées.

Ces résultats sont assez concordants; seule la cinquième expérience ne nous a pas donné de baisse, mais au contraire une poussée hyperglycémique; celle-ci s'explique par la faible dose d'insuline ingérée, laissant l'animal sous la seule influence des saignées répétées.

(¹) Les pourcentages sont approchés à l'unité près.

Chez le Chien, comme chez le Lapin, la proportionnalité entre la baisse glycémique et la dose d'insuline est loin d'être constante. Ces faits, retrouvés déjà en cas d'injection parentérale, peuvent aisément s'expliquer.

Conclusions. — On peut obtenir, en utilisant la technique que nous avons employée, des baisses réelles de la glycémie en administrant l'insuline par la voie orale. Ces baisses peuvent être considérables et atteindre 85 pour 100.

Elles sont loin d'être exactement proportionnelles aux quantités d'insuline absorbées et ne se produisent qu'avec des doses au moins dix fois supérieures à celles qu'on utilise par voie parentérale.

Nous nous bornons à signaler actuellement le fait, qui présente en lui-même un certain intérêt. Mais nous ne prétendons nullement sortir ici du domaine expérimental. Nous ignorons tout, en effet, de l'action toxique que peuvent avoir, à longue échéance, des doses répétées des corps utilisés, malgré leur innocuité immédiate.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Les constituants chimiques des enveloppes des spermatophores de Céphalopodes.* Note [1] de Mlle **Maryvonne Hamon**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le spermatophore des Céphalopodes a été l'objet d'assez nombreuses recherches, portant sur sa morphologie et sa structure, son origine et son mode de formation, les procédés et les conditions de son ouverture et de sa déhiscence. Mais on ne trouve aucun travail sur la composition chimique de ses diverses parties.

Rappelons-en brièvement la structure : il comprend un dispositif interne composé de deux parties, le *réservoir spermatique* et l'*appareil éjaculatoire*, baignant dans une faible quantité de liquide et entourés de membranes formant un *étui* clos. Les seuls éléments vivants qu'il contienne sont les spermatozoïdes agglomérés dans le réservoir; les autres parties étant constituées par des substances anhistes, hyalines, de consistance cornée, assez élastique.

Les spermatophores employés, provenant des genres *Eledone*, *Octopus*, *Sepia* et *Loligo*, nous ont fourni des données concordantes dans tous les cas,

(1) Séance du 23 janvier 1939.

en ce qui concerne l'analyse chimique qualitative, qui seule fut effectuée. Celle-ci a été faite de deux façons différentes : *a.* en mettant les spermatophores entiers, frais ou fixés à l'alcool ou au formol, directement au contact des réactifs, qui préparent ainsi, par une hydrolyse partielle souvent, les réactions de coloration qui se produisent *in situ*; *b.* sur le produit de l'hydrolyse complète, effectuée, soit par les acides ou les alcalis à chaud, soit par les ferments digestifs. Le peu d'abondance du matériel nous a fait moins recourir à cette dernière méthode.

Les réactions classiques des protides réalisées directement sur les spermatophores (Millon, biuret, xanthoprotéique) sont toutes positives; mais montrent déjà une composition chimique nettement hétérogène de l'appareil. C'est ainsi que la réaction du biuret est fournie par toutes ses parties, mais surtout intensément par le liquide entourant le réservoir spermatique et l'appareil éjaculatoire, à l'intérieur de l'étui. Elle caractérise les corps contenant deux groupes $CONH^2$, relié entre eux comme dans le biuret, ou ceux qui renferment $CHOH\text{-}CHNH^2$, c'est-à-dire tous les protides.

Le réactif de Millon colore tout le spermatophore, mais plus fortement l'appareil de déhiscence. Il démontre la présence de corps phénoliques dans la molécule protéique, dont la tyrosine et aussi le tryptophane.

La réaction xanthoprotéique, qui est due à la formation de nitrodérivés avec les noyaux cycliques et hétérocycliques, est également positive, et particulièrement intense aussi sur l'appareil de déhiscence.

D'autre part, si on essaie la réaction de Molisch-Udransky, qui indique la présence d'un groupe hydrocarboné, on voit qu'elle est aussi positive.

Ces réactions simples mènent donc à la conclusion certaine que les spermatophores sont formés de protides divers associés à un hydrocarbone. Nous avons pu prouver que cet hydrocarbone est un sucre réduisant la liqueur de Fehling, c'est-à-dire à fonction aldéhydique ou cétonique. La réaction de Seliwanoff (en chauffant doucement un sucre aldéhydique avec de la résorcine et de l'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau, il se produit une coloration rose pâle; elle est rouge vif avec un sucre cétonique) démontre sa nature aldéhydique, et, comme il se forme un anneau verdâtre avec le β naphtol en solution dans SO^4H^2 concentré, c'est probablement un hexose. On peut le confirmer sur les produits d'hydrolyse par l'action de l'orcine en solution dans HCl concentré, qui donne une coloration orangé pâle.

Le groupement sucré ainsi révélé permet d'apparenter les protéiques constituant l'étui et l'appareil éjaculatoire aux glucoprotéides. Ce rapprochement est confirmé par les propriétés chromotropes que possèdent ces parties du spermatophore. Elles se colorent, en effet, métachromatiquement par les colorants appropriés : thionine, bleu de toluidine, violet de méthyle, safranine, etc. L. Lison a montré ([2]) que les propriétés chromotropes étaient l'apanage exclusif de corps renfermant des esters sulfuriques, à poids moléculaire élevé, dont ceux des polysaccharides. Nous pensons pouvoir en déduire que nous sommes en présence de protéines conjuguées dont le groupement prosthétique (complexe non albumineux de nature variable, uni à une protéine) est constitué par des esters sulfuriques de polysaccharides. L'insolubilité dans les alcalis dilués écarte toutefois ces protides, des mucoprotides (mucines et chondroïdes).

La recherche et la caractérisation des divers acides α aminés fournis par l'hydrolyse des spermatophores est en cours; mais, dès maintenant, nous pouvons signaler la présence de la tyrosine, de l'arginine, du tryptophane et de produits sulfurés dérivant plutôt de l'acide sulfurique des esters, que de la cystéine ou de groupements SH.

Nous pouvons déjà conclure de ces recherches que les spermatophores n'ont pas, dans toutes leurs régions, la même composition chimique, comme le démontrent les réactions sur les appareils entiers. Mais les variations observées sont, en général, d'ordre quantitatif, plutôt que qualitatif. C'est-à-dire qu'elles portent plutôt sur des rapports différents entre les divers constituants, que sur des différences fondamentales de composition.

Comme les appareils se forment dans les diverses régions d'une glande en tube, on peut croire que les divers segments de celle-ci travaillent sur le même matériel chimique essentiel, avec des variations de détail aboutissant à des formations d'aspect et de consistance différents.

([2]) *Arch. Biol.*, 46, 1935, p. 599.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Variations de l'acidité formol et de l'acidité phtaléine dans les urines. Interprétation par la méthode graphique.* Note [1] de M. **Léon Lescœur**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

L'élimination urinaire d'acides libres A et celle d'acides saturés par l'ammoniaque (acidité formol) Af, concourent au maintien de l'équilibre acide-base de l'organisme.

On titre ces acides avec la phtaléine comme indicateur et on les rapporte à l'urée U, pour l'interprétation médicale (Goiffon).

U sera exprimé non en grammes, mais, comme A et Af, en centimètres cubes de liqueur N [2], notation justifiée en ce qu'elle rend compte des réactions chimiques et notamment de l'hydrolyse de l'urée

$$CO(NH_2)_2 + 2H_2O \rightarrow CO_3(NH_4)_2.$$

En ordonnées on porte le rapport $(U + Af)/Af$, en abscisses le rapport $(U + Af)/A$ [3].

Cette dernière variable est une expression de l'acidité urinaire d'interprétation plus simple que le pH tel qu'il entre dans le coefficient réduit de Hasselbach. Elle a sur l'acidité par litre, récemment proposée [4], l'avantage d'éliminer l'influence perturbatrice de la diurèse aqueuse.

Chacun des axes $(U + Af)/A$ et $(U + Af)/Af$ correspond à un processus physiologique précis :

1° *Alcalinisation des phosphates.* — Le phosphate monométallique est, dans l'urine, en quelque sorte le substratum de l'acidité que l'on titre par la phtaléine; aussi, pour simplifier, confondrons-nous A avec l'acidité phtaléine phosphorique.

Le phosphore provenant des substances albuminoïdes joue, en effet, un rôle acidogène. Il est capable de donner, par oxydation totale une certaine quantité d'acidité, qui est une limite supérieure de A et que l'on peut considérer, pour un sujet à régime fixe, comme une constante (c_2).

A partir de ce maximum, les valeurs de A diminuent au fur et à mesure qu'augmentent les alcalis (NaOH, KOH etc.).

---

(1) Séance du 23 janvier 1939.

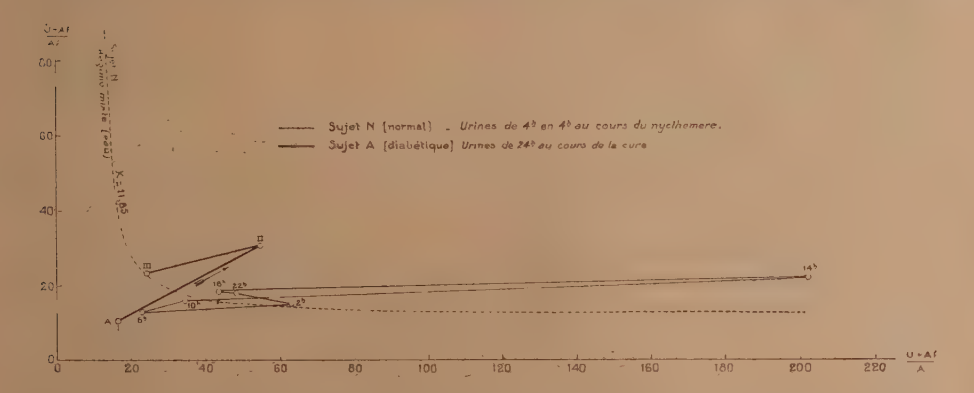
(2) 1g d'urée vaut 33cm³,33 N.

(3) Le numérateur de ces rapports est la donnée de l'hypobromite qui ne sépare pas l'azote uréique de l'azote ammoniacal.

(4) J. et H. Clarens, *Bull. Soc. Chim. France*, 5, 1938, p. 1159.

L'augmentation du rapport $(U + Af)/A$, entre une valeur limite K et l'infini, traduit cette alcalinisation relative. On peut donc dire qu'il y a de ce fait, consommation d'un certain nombre d'oxhydriles [5].

2° *Uréogénèse.* — Le rapport $(U + Af)/Af$ est l'expression de l'uréogénèse. Celle-ci se fait à partir du produit de désintégration des acides aminés, c'est-à-dire du radical ammoniacal. Or, pour concevoir la formation



d'urée, il faut admettre que ce radical existe sous forme d'alcali (NH^4OH). L'uréogénèse suppose donc une alcalinisation et par conséquent, comme dans le cas précédent, la consommation d'un certain nombre d'oxhydriles [6].

Une première application concerne la physiologie.

Le sujet normal N ne fait appel à aucun oxhydrile en dehors de l'apport régulier que lui procure un régime constant. Il est, dans la mesure du possible, en équilibre alimentaire. Les deux variables sont déterminées sur les urines émises de 4 heures en 4 heures, au cours du nycthémère [7]. Le point figuratif n'est pas fixe. Il décrit un cycle fermé, aplati, les oscillations étant pour la plupart de grande amplitude.

On est conduit à envisager le cas théorique où le nombre total des oxhydriles utilisés par l'organisme resterait rigoureusement constant ; il y

---

(5) Suivant la notation ionique $PO^4H^3 + 2OH^- = PO^4H^= + H^2O$.

(6) $CO^3H^2 + 2OH^- = 2H_2O + CO^{3=}$

$CO^{3=} + 2NH^{4+} = 2H_2O + CO(NH^2)_2$ (J. et H. Clarens).

(7) Mme S. Bellue, MM. J. Chaussin, H. Laugier et Mme Th. Ranson, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 90.

aurait seulement mutation entre saturation des phosphates et uréogénèse et vice-versa.

Avec l'hypothèse $U + Af = c_1$ et $A + Af = c_2$ conforme, dans les grandes lignes, à la réalité biologique, pour un sujet donné, à un régime donné, la relation qui lie $x = (U + Af)/A$ et $y = (U + Af)/Af$ est $(x + y)/xy = 1/K$ où $K = c_1/c_2$. La courbe représentative a pour asymptotes $x = K$ et $y = K$.

En pathologie, malgré une alimentation normale maintenue constante, certains sujets, par suite d'une viciation dans leur métabolisme, disposent d'une quantité anormale d'oxhydriles, soit par excès, soit par défaut.

Le point figuratif des deux variables se trouve dans le premier cas en dedans de la courbe (alcalose), dans le deuxième cas, en dehors (acidose), comme pour le sujet A I.

L'organisme peut recevoir un supplément d'oxhydriles de l'extérieur. C'est ce qui se produit notamment dans la thérapeutique hydrominérale alcaline par boisson. La lecture du graphique, au cours du traitement, est des plus expressives. Le sujet A, diabétique consomptif, parcourt le chemin désigné par les points I, II, III, correspondant respectivement au début, au milieu et à la fin de la cure à Vichy.

Parallèlement, l'examen du sang a montré les variations corrélatives de la réserve alcaline, qui passe de 46 à 58,5, puis à 57,2.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les ferments solubles sécrétés par les Champignons Hyménomycètes. Actions conjuguées antioxygène.* Note de M. **Louis Lutz**, présentée par M. Maurice Javillier.

Ciamician et Silber ont montré que les alcools, réagissant à la lumière sur des substances possédant un groupe carbonyle, quinones, cétones, aldéhydes, sont l'objet d'une transposition d'hydrogène : ils s'oxydent alors que l'autre corps se réduit. C'est ainsi que la quinone se transforme en quinhydrone et hydroquinone.

D'autre part, l'étude biologique de la quinone a fait voir que ce corps, incapable de servir d'antioxygène, se réduit sous l'action des ferments réducteurs sécrétés par les Champignons en donnant de l'hydroquinone, dont les propriétés antioxygène ne tardent pas à se manifester.

J'ai tenté de vérifier l'observation de Ciamician et Silber en l'adaptant à l'étude du pouvoir antioxygène des alcools primaires, conjugués avec

des cétones ou des quinones et en faisant intervenir les ferments oxydo-réducteurs fongiques. Je rappelle que les alcools primaires, employés isolément, témoignent d'une grande inertie vis-à-vis de ces catalyses oxydo-réductrices, probablement par suite de l'instabilité relative des aldéhydes formées par leur oxydation, qui rend celles-ci sensibles aux actions réductrices les ramenant à l'état d'alcools primaires.

I. *Alcools primaires et cétones.* — Champignon : *Corticium quercinum.* Alcools primaires : géraniol et citronellol. Cétones : propanone, carvone et méthylnonylcétone.

Les témoins consistent en tubes renfermant chacun 5^{cm^3} de milieu de culture artificiel ([1]), additionnés de 11 gouttes d'une solution aqueuse stérilisée de bleu de méthylène à 0,25 pour 100 et de 11 gouttes d'une émulsion aqueuse à 1 pour 100 de l'un des corps étudiés.

Les milieux conjugués sont constitués par des tubes semblables, additionnés respectivement de 11 gouttes d'une solution à 1 pour 100 de l'un des deux alcools et de 11 gouttes d'une solution également à 1 pour 100 de l'une des cétones.

Dans tous les cas, une série de tubes était maintenue à l'obscurité, l'autre à la lumière solaire.

A l'obscurité, il a fallu attendre un mois pour noter une très légère réduction du bleu en présence du géraniol, du citronellol et de la propanone. A la lumière, le phénomène, pour être plus sensible, est encore très faible avec les alcools seuls et presque nul avec les cétones.

Avec les milieux conjugués, la réduction a été, dans tous les cas, plus hâtive : à l'obscurité, avance légère, mais intensité faible, dans les milieux renfermant du géraniol et des cétones; un peu plus marquée en présence du citronellol et des cétones. A la lumière, activation remarquable de la réduction, aboutissant en moins de 15 jours à la décoloration à peu près totale du bleu.

II. *Alcools primaires et quinones.* — Champignons : *Corticium quercinum* et *Fomes pinicola*, ce dernier ne sécrétant que très peu d'oxydases. Alcools primaires : géraniol, nérol et citronellol. Quinones : quinone ordinaire et thymoquinone, employées en solution ou en émulsion aqueuse à 1 pour 100.

Les résultats sont ici particulièrement nets, surtout avec le *Corticium quercinum*. (Le *Fomes pinicola* a poussé lentement sur ces milieux.) A la

---

([1]) Voir, formule, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 532.

lumière, une semaine après l'ensemencement, les milieux au géraniol — quinone et au géraniol — thymoquinone sont entièrement décolorés. Quoiqu'un peu plus tardive, la décoloration des autres milieux conjugués a manifesté une avance marquée par rapport à ceux renfermant la quinone seule et la thymoquinone seule et surtout par rapport à ceux renfermant seulement les alcools.

Dans les mêmes conditions, mais à l'obscurité, l'avance dans les milieux conjugués est réduite à peu près à néant.

On est donc ici en présence d'un type particulier de catalyse fermentaire, mettant en œuvre, comme dans les expériences de Ciamician et Silber, une association de corps, inactifs, ou peu s'en faut, individuellement, mais devenant actifs par échange réciproque d'hydrogène sous l'action des radiations lumineuses.

BACTÉRIOLOGIE. — *Élévation du pouvoir toxigène d'une souche de* Plectridium tetani *sous l'action de passages en bouillon de cervelle acide à température modérée.* Note [1] de M. **André-Romain Prévot**, présentée par M. Louis Martin.

En septembre 1937 la souche L de *P. tetani* qui nous sert à la préparation de la toxine tétanique était peu toxigène (D. m. m. de la toxine : 1/20000ᵉ à 1/40000ᵉ de centimètre cube pour le cobaye de 350^g; titre antigénique 15 à 18 unités). Par ailleurs cette souche ne pouvait fournir une toxine utilisable que sous deux conditions formelles : addition au bouillon de culture de pyruvate de sodium à raison de $2^g,5$ par litre, et de phosphate monopotassique à raison de 8^g par litre. Dès que nous tentions (pour des raisons de simplification de ce procédé) de réduire les proportions de ces deux sels, le titre de la toxine s'abaissait dans des proportions considérables; la suppression totale de ces substances empêchait même totalement la formation de la toxine.

Comme le mode d'entretien et de conservation des souches toxigènes a une importance considérable, nous avions dès le début de nos recherches essayé plusieurs modes de conservation. Au bout de 6 mois, une seule méthode parmi toutes celles qui furent étudiées avait donné des résultats suffisants : 4 jours avant l'ensemencement du bouillon tétanique, nous

---

[1] Séance du 23 janvier 1939.

repiquons la souche L d'une culture en bouillon de cervelle datant d'au moins 5 semaines dans un bouillon acide pH 6,4, identique au milieu de culture servant à la préparation de la toxine, mais additionné de cervelle de veau (à raison de 5^{g} de cervelle pour 8^{cm^3} de bouillon glucosé à 1 pour 100). Ce bouillon doit être stérilisé à 110° au maximum. Les tubes sont scellés dans le vide et placés à l'étuve à 33° pendant environ 20 heures, puis à l'obscurité à 20° pendant 3 jours. A cette température la culture évolue très lentement, et le pH monte progressivement à 6,9-7,1. Sur les 50 souches ainsi préparées chaque semaine, 3 sont mises en réserve et conservées à 20° dans l'obscurité pour servir de souches mères après un temps de vieillissement d'au moins 5 semaines, temps qui croît de plus en plus au fur et à mesure que cette expérience s'allonge.

Ce temps est actuellement de 15 semaines; nous constatons que plus il s'allonge plus le titre de la toxine s'élève : il est actuellement de 50 unités antigéniques; D.m.m = 1/150000e de centimètre cube. Mais les observations les plus intéressantes que cette méthode nous a permis de faire sont celles-ci : 1° à partir de la 34e série d'expériences, la souche ayant alors 6 passages en bouillon de cervelle, nous avons pu diminuer progressivement le taux du pyruvate sans que le titre antigénique de la toxine en souffre. Alors qu'il était au début de 2,5 pour 1000 nous avons pu le faire passer successivement à 2 pour 1000 à la 34e série (6e passage), puis à 1,5 pour 1000 à la 38e série (7e passage), puis à 0,5 pour 1000 à la 65e série (13e passage), enfin à la 68e série, soit après le 14e passage en bouillon de cervelle, le bouillon tétanique sans pyruvate se trouvait avoir un titre antigénique aussi élevé que le bouillon additionné de pyruvate : les passages sur bouillon de cervelle ont permis à la souche d'augmenter de plus en plus son potentiel oxydoréducteur propre jusqu'à pouvoir se passer de pyruvate et de s'ajuster à rH 3,1 dès les premières heures de la culture; 2° au début de nos expériences, la culture exigeait un tampon acide pour ne pas dépasser un pH terminal voisin de 7. Ce tampon était constitué par 8^{g} de phosphate monopotassique par litre. Jusqu'à la 17e série il nous a été impossible de réduire cette haute teneur sans voir le titre de la toxine s'abaisser dans des proportions notables. Dans la 24e série (5e passage) des cultures n'ayant reçu que 7^{g} par litre de phosphate avaient fourni une toxine de titre aussi élevé que les toxines à 8 pour 1000. A partir de cette série nous avons pu diminuer progressivement la teneur en phosphate suivant le mode suivant : série 27 (6e passage) 6,5 pour 1000; série 30 (7e passage) 6 pour 1000; série 45 (9e passage) 5,5 pour 1000;

série 65 (13ᵉ passage) 4 pour 1000; série 73 (14ᵉ passage) suppression totale du phosphate donnant une toxine pH 6,9 titrant 42 unités, soit à égalité avec les témoins ayant reçu 4 pour 1000 de phosphate. Depuis la série 73, nous n'ajoutons ni pyruvate ni phosphate dans les cultures. La toxine reste aussi élevée (48 U dans la série 74) et le pH terminal se maintient autour de 6,9-7. La modification de la souche L est donc double : augmentation du potentiel oxydoréducteur propre et diminution du pouvoir alcalinisant.

Enfin ces expériences ont montré un autre fait : la culture des souches réussissant parfaitement bien à 33°, nous avons recherché quelle était la température optimum pour la production de la toxine. Une observation faite à l'occasion de la baisse accidentelle d'une étuve qui s'était déréglée et s'était fixée à 34°, nous a montré que cette baisse de 3° provoquait un gain de 9 unités antigéniques par centimètre cube. Une série de flacons de bouillon de la même provenance placés à 32°, 33°, 34° et 35° montrait qu'à 34° la toxine titrait 3 unités de plus qu'à 35°; à 33° elle titre 3 unités de plus qu'à 34° et à 32° elle a sensiblement le même titre qu'à 33°. Depuis cette observation nous avons réglé l'étuve à 32°,5-33° et le titre de la toxine est toujours resté compris entre 42 U et 54 U. (D. m. m. entre 1/120000ᵉ et 1/150000ᵉ de centimètre cube.)

Conclusions. — 1° Le passage en série linéaire d'une souche du *P. tetani* sur bouillon de cervelle pH 6,4 à 33° a provoqué une élévation du potentiel oxydoréducteur propre de la souche et une diminution de son pouvoir alcalinisant; en conséquence son pouvoir toxigène et antigénique a été triplé.

2° La température d'incubation la plus favorable pour l'obtention de toxine tétanique de titre élevé est de 32° à 33°.

La séance est levée à 16ʰ.

A. Lx.